

Une approche créative
de l'éducation à l'environnement

Kit pédagogique pour les pays situés en
zones montagneuses



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Éditions
UNESCO



Programme sur l'Homme
et la biosphère



Écoles
associées
de l'UNESCO



Kit pédagogique pour les pays situés en zones montagneuses

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

“Le souffle de ma montagne rythme mon cœur.”

Chef maori Hepi te Heuheu, tribu Ngati Tuwharetoa

Responsable de la publication:
Thomas Schaaf, UNESCO

Rédaction et conception du projet:
Hélène Gille

Conseillers scientifiques:
Michel Le Berre, Thomas Schaaf

Conception graphique:
Mecano, Laurent Batard
assisté de M. Malpeyrat et de C. Sayous

Coordination et iconographie:
Hélène Gille
Avec la collaboration de:
Greg Thaler

Suivi administratif:
Natasha Lazic,
Rosanna Karam

Couverture:
Monastère de Basgo,
Basgo, Ladakh, Inde
©UNESCO/ Olivier Brestin

Publié en 2010 par le programme
sur l'Homme et la biosphère (MAB), UNESCO
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15, France
E-mail : mab@unesco.org
www.unesco.org/mab

©UNESCO 2010
Tous droits réservés.

ISBN 978-92-3-104159-4

Les désignations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Les idées et les opinions exprimées dans cette publication sont celles de l'auteur ; elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue de l'UNESCO et n'engagent en aucune façon l'Organisation.

Préface

Ce kit d'éducation à l'environnement pour les pays situés en zones montagneuses a été élaboré à l'initiative du programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

Intitulé *Une approche créative de l'éducation à l'environnement / Kit pédagogique pour les pays situés en zones montagneuses*, il fait suite au *Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches*.

Fondé sur la même méthode innovante qui sollicite la créativité et la sensibilité artistique des élèves âgés de dix à quinze ans environ, l'ouvrage est destiné aux professeurs de l'enseignement secondaire (élargi à la fin du primaire) vivant cette fois dans des écosystèmes montagnards, marqués par des conditions climatiques et environnementales rigoureuses, souvent contrastées, et soumis à des problèmes d'érosion active.

Le kit, en tant qu'outil pédagogique, s'efforce d'aider concrètement et de manière attrayante les enseignants et les élèves à mieux comprendre les problèmes environnementaux de leur région et à stimuler leur recherche de solutions possibles. Son contenu est en cela une nouvelle contribution à la résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies qui a désigné 2002: Année internationale de la Montagne et s'inscrit clairement dans la perspective des activités développées pour la Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable (2005-2014) dont la promotion est placée sous la responsabilité de l'UNESCO.

La diffusion du kit est assurée par le réseau du système des écoles associées de l'UNESCO (réSEAU), qui compte au total 8000 écoles dans 177 pays dans le monde et bénéficie du soutien de la Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable à travers les actions mises en place dans les différents pays concernés.

Nous encourageons tous les enseignants intéressés par le kit ou désireux d'information sur sa mise en œuvre à contacter les Bureaux régionaux de l'UNESCO dans leurs pays respectifs et rappelons l'adresse du site Internet et l'adresse électronique des initiateurs du projet : www.unesco.org/mab et mab@unesco.org ainsi que le site Internet des programmes partenaires dans le domaine de l'éducation à l'UNESCO: le réseau du système des écoles associées de l'UNESCO (www.unesco.org/education/asp) et la Décennie pour l'éducation en vue du développement durable (www.unesco.org/education/desd).

Nous voulons remercier chaleureusement le gouvernement flamand de Belgique qui a financé tout le processus d'élaboration de ce kit pédagogique dans le contexte de son large soutien au secteur des Sciences exactes et naturelles, démontrant ainsi que l'éducation à l'environnement relève autant du domaine des sciences que de celui de l'éducation.



N. Ishwaran

Directeur de la division des sciences écologiques et de la terre
Secrétaire du Conseil international de coordination
du Programme sur l'Homme et la biosphère

Sommaire

Introduction	7
--------------	---

Chapitre 1	11
Découvrir l'écosystème et la biodiversité	

01	
La collection des merveilles	12
Objectifs	
Déroulement	
1. Redécouvrir ensemble les bas versants de la montagne	12
2. Apprendre à repérer différents milieux	12
3. Distinguer des micro-milieux parmi les milieux visités	14
4. Collecter des objets naturels issus des différents milieux abordés dans l'environnement	15
5. Stocker les végétaux	15
6. Nettoyer les objets sales	15
7. Observer	16
8. Identifier	16
9. Classer	16
10. Intégrer des notions	16
11. Imaginer des collections	16

02	
Tapis végétal ou la montagne en mosaïque	18
Objectifs	
Déroulement	
1. Choisir le terrain pour réaliser la mosaïque végétale	18
2. Préparer l'étape de la collecte	18
3. Collecter des objets naturels à différents étages de la montagne	20
4. Composer au sol la mosaïque des milieux montagnards	21

5. Observer en détail la mosaïque obtenue	22
6. Intégrer des notions	22
7. «Activer» ces notions à travers l'invention d'un récit	24

03	
Terre, pierre et érosion	26
Objectifs	
Déroulement	
1. Repérer le minéral	26
2. Observer la composante géologique du relief montagneux	26
3. Mettre en relation le sol et le relief et se situer dans le paysage	30
4. Repérer les traces de l'érosion hydrique sur le versant	30
5. Dessiner	31
6. Interpréter les dessins et comprendre l'impact de l'érosion hydrique sur l'environnement	31
7. Repérer une zone de terre protégée de l'érosion	32

04	
Sur les traces de la faune sauvage	33
Objectifs	
Déroulement	
1. Faire un premier repérage	33
2. Identifier les empreintes animales	36
3. Rechercher d'autres traces du mode de vie des espèces	37
4. Faire le point sur la connaissance des espèces	38
A. Les caractéristiques générales de l'espèce	
B. Les adaptations physiques et comportementales des espèces dans un écosystème montagnard	
5. Examiner un animal dans l'environnement et rédiger des notes	44
6. Construire le récit de la vie d'une espèce animale	45

05

La fresque de l'écosystème

46

Objectifs

Déroulement

1. Choisir deux zones de l'environnement où la diversité biologique est importante 46
2. Repérer les deux zones représentatives de l'écosystème dans le contexte élargi du paysage 46
3. Dessiner une première silhouette du paysage 48
4. Examiner chaque zone dans le détail 49
5. Intégrer des notions à partir de l'expérience de terrain 51
 - A. Interaction des espèces vivantes et de l'environnement non vivant
 - B. Interdépendances entre espèces et réseaux trophiques
 - C. Succession écologique
6. Réaliser la fresque de l'écosystème 53

Chapitre 2

57

Maintenir la couverture végétale

01

Parcours initiateur parmi les plantes et les fleurs

58

Objectifs

Déroulement

1. Privilégier la découverte sensible des végétaux 58
2. Composer des planches tactiles à partir de collectes 60
3. Aborder l'idée de reproduction à partir des fruits puis des fleurs 61
4. Étudier les fleurs par un travail sur la couleur 62
5. Comprendre la notion d'inflorescence et étendre le travail sur la couleur à l'étude de toutes les fleurs 65
6. Prendre conscience de l'importance des plantes à fleurs dans le maintien de la couverture végétale 68

02

Forme et dessin : l'anatomie des arbres et des arbustes

72

Objectifs

Déroulement

1. Repérer l'architecture et le port des arbres par l'observation de différentes espèces 72
2. Intégrer quelques premières notions relatives à la croissance des végétaux 76
3. Saisir la géométrie à l'œuvre dans la nature grâce à l'observation de près 77
4. S'interroger sur le rôle des éléments extérieurs sur le port du végétal 79
 - A. L'effet du vent, du gel et de la neige
 - B. L'effet des activités générées par l'homme
5. Rappeler le rôle essentiel joué par les arbres dans les écosystèmes montagnards 82

03

« Vivre au sommet » ou l'adaptation des plantes en montagne

83

Objectifs

Déroulement

1. Repérer par le dessin les adaptations morphologiques les plus typiques des végétaux 83
2. Se servir du dessin pour dresser un parallèle entre les plantes montagnardes et celles des zones sèches 86
3. Éclairer l'idée de convergence d'évolution 88
4. Discerner certaines adaptations physiologiques des plantes de montagne 90
5. Terminer l'activité par le principe des associations végétales 92

04

Un inventaire des plantes utiles

93

Objectifs

Déroulement

- A. Le jardin qui nourrit 94
 1. Classer 94
 2. Dessiner sur le panneau 96

3. Goûter	96
4. Rechercher et intégrer l'information	97
5. Parler des plantes locales et de la production alimentaire avec les personnes ressources	98

B. Le jardin qui soigne	99
1. Répertorier et dessiner les plantes médicinales sur le panneau	99
2. Lier soin et rites par les plantes	100
3. Interroger la relation entre plantes, traditions culturelles et conservation	101

C. Le jardin qui protège et sécurise	102
1. Faire une première recherche	102
2. Répertorier les plantes utiles dans la construction et l'aménagement des habitats	103
3. Représenter un habitat typique sur le panneau	104
4. Faire le lien entre habitation adaptée à l'environnement et ressources naturelles	104
5. Faire le point sur l'utilisation des ressources forestières dans la construction des habitations	106

05

Le jardin expérimental 111

Objectifs

Déroulement

1. Comprendre et intégrer les initiatives locales en matière de protection de l'environnement	112
2. Déterminer l'emplacement du jardin et procéder à un premier repérage	114
3. Procéder à certains diagnostics floristiques permettant d'apprécier les qualités du sol	115
4. Réaliser des travaux d'amélioration des sols en prévision des cultures	118
5. Établir les cultures et introduire l'association avec des légumineuses	121
6. Entretenir et mettre en valeur la zone arborée	124

Chapitre 3 129

Préserver les ressources en eau

01

Force, flux et transparence : l'eau en montagne 130

Objectifs

Déroulement

1. Mettre en valeur les qualités physiques de l'eau en utilisant la peinture	130
2. Interpréter les traces de l'érosion hydrique dans le paysage	134
3. Lier l'action érosive de l'eau à des possibilités de pollution hydrique	134
4. Se concentrer sur la couleur des eaux superficielles	136
5. Inscrire la compréhension de l'eau dans l'idée de cycle	138

02

Le cycle de l'eau 140

Objectifs

Déroulement

1. S'intéresser aux états de la matière « eau » et à l'origine de l'eau en montagne	140
2. Décomposer pour mieux les comprendre les étapes du cycle de l'eau	144
3. Assimiler et interpréter le cycle de l'eau à travers une succession de tableaux sonores	148

03

Fresque en panneaux de l'hydraulique montagnarde 130

Objectifs

Déroulement

1. Repérer dans le paysage les aménagements de pierre permettant de capter l'eau de ruissellement et l'eau atmosphérique	152
--	-----

2. Se concentrer sur les structures antiérosives et les dessiner sur le premier panneau	155
3. Étudier l'inscription des terrasses dans le paysage et les identifier comme une méthode de gestion des eaux de ruissellement	156
4. Constituer le deuxième panneau de la fresque et y inclure les éléments d'une hydraulique liée aux eaux de surface	159
5. Comprendre la synergie existant entre la lutte contre l'érosion, le reboisement et une bonne gestion de l'eau dans le troisième panneau	161



Introduction

Les objectifs du kit pédagogique

Dans les écosystèmes des régions montagneuses, toutes les couches de la population sont affectées par les conditions climatiques et environnementales rigoureuses des territoires d'altitude, auxquels s'ajoutent des problèmes d'érosion active qui entraînent la dégradation des sols et influent sur la capacité de ces populations à vivre en montagne.

L'éducation et la sensibilisation à l'environnement sont primordiales et doivent commencer tôt pour créer un impact sur la conscience individuelle. Dans l'optique de susciter chez les élèves de l'enseignement secondaire (élargi à la fin du primaire), une meilleure connaissance des écosystèmes montagnards, ce kit pédagogique propose une approche créative de l'éducation à l'environnement permettant d'éveiller la curiosité des élèves, de capter leur attention et d'agir comme un levier vers une meilleure transmission de l'information scientifique et des connaissances sur l'environnement.

L'objectif du kit est d'abord d'être un outil que l'enseignant s'approprie afin de transmettre d'une manière attrayante et ludique le contenu d'ordre scientifique qu'il contient.

À plus long terme, l'objectif du kit est de développer parmi les élèves et la population la capacité de lutter contre l'instabilité et la dégradation des sols à l'origine de l'érosion en montagne, tout en favorisant la conservation de la biodiversité.

Le concept de développement durable est inscrit au cœur des activités proposées par le kit : en les mettant en œuvre, les enseignants ou éducateurs, aidés de personnes ressources, acteurs locaux et professionnels de l'environnement, forment les élèves à exercer un examen critique des pratiques locales en matière d'utilisation des terres et de gestion des ressources naturelles. Ils identifient les pratiques qui peuvent être néfastes ou non viables pour l'écosystème et développent ainsi une réflexion progressive sur l'impact des activités humaines sur leur environnement. Les élèves saisissent alors mieux – au travers d'exercices concrets – ce qu'est le développement durable dans les écosystèmes montagnards.

Comment se présente le kit?

Le kit pédagogique est constitué de deux éléments :

- le manuel de l'enseignant
- le cahier de la classe

Le manuel de l'enseignant est l'élément central du kit pédagogique. Il est divisé en trois chapitres thématiques :

- Découvrir l'écosystème et la biodiversité
- Maintenir la couverture végétale
- Préserver les ressources en eau

Les deux premiers chapitres regroupent cinq activités et le troisième en regroupe trois, classées selon leur niveau de difficulté en termes de contenu et de mise en œuvre. On passe d'un niveau « simple » pour les premières activités de chaque chapitre à un niveau « intermédiaire », puis à un niveau « avancé » pour les suivantes.

L'enseignant peut choisir de réaliser les activités avec la classe, l'une après l'autre, dans l'ordre proposé au sein de chaque chapitre ; il peut également décider d'en mener une ou plusieurs séparément, en fonction des thèmes abordés en classe, de l'aménagement du calendrier scolaire et du niveau de ses élèves.

Le cahier de la classe est un outil destiné aux élèves et conçu en accompagnement du manuel de l'enseignant. À chaque activité réalisée correspond une double page à remplir dans le cahier de la classe.

Les élèves sont organisés en groupes et, à tour de rôle, un groupe remplit en concertation les pages concernant l'activité réalisée. Ils le font avec leurs propres mots, leur compréhension des objectifs, leur mémoire visuelle et sensible de l'exercice, leur aptitude à dessiner et à conserver une trace de ce qu'ils ont pu expérimenter et apprendre. Le cahier de la classe a été conçu en bichromie de façon à pouvoir être facilement photocopié.

L'enseignant et ses élèves peuvent ainsi décider d'expédier le cahier de la classe par courrier afin de l'échanger avec une autre école partenaire du réseau des écoles associées de l'UNESCO, située dans une autre région montagneuse du monde.

À qui s'adresse le kit?

Le kit a été conçu pour les professeurs de l'enseignement secondaire issus de disciplines aussi différentes que la géographie, la biologie ou les arts plastiques.

Il peut également s'adresser aux enseignants de la fin du primaire et de façon générale à tous les éducateurs désireux de mener un projet d'éducation à l'environnement, qu'ils soient seuls ou en équipe, dans un contexte d'éducation formelle ou non formelle.

Sur le mode de la sensibilisation des publics, le kit peut aussi accompagner les initiatives de décideurs locaux souhaitant prendre en compte les problèmes environnementaux dans l'élaboration de politiques de développement.

Ne nécessitant que très peu de matériel, la plupart des activités du kit intègrent l'étape d'une découverte (ou d'une redécouverte) de l'environnement, fondée sur l'observation, la collecte, le dessin, l'imagination et la rencontre avec des personnes ressources parmi la collectivité. Les activités tentent ainsi de répondre à la pénurie de moyens et aux conditions de travail souvent difficiles des éducateurs dans les zones parfois reculées que constituent les régions montagneuses.

En résumé, le cadre d'action à donner au projet pédagogique repose essentiellement sur la motivation des éducateurs et des enseignants et sur leur capacité à se mobiliser et à s'associer.

Ils peuvent développer un projet thématique d'éducation à l'environnement à partir du kit (dans l'esprit d'une « classe à thème »). Ils peuvent réaliser certaines activités du kit dans le cadre de projets d'action éducative ou d'actions d'innovation pédagogique. Ils peuvent également identifier le kit comme une initiative possible en matière d'éducation pour le développement durable à travers plusieurs aspects qu'il met en avant :

- des objectifs d'apprentissage « transversaux » qui débordent du cadre d'une matière distincte ;
- une méthodologie axée sur le développement de la pensée critique ;
- la participation de personnes ressources, acteurs locaux et spécialistes de l'environnement à l'action pédagogique, venant parfois renforcer et enrichir le point de vue des enseignants.

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

L'ensemble des activités proposées par le manuel de l'enseignant est élaboré selon une approche créative de l'éducation à l'environnement.

Dans un premier temps, cette approche favorise chez les élèves la découverte sensible de leur environnement.

Vivant souvent en zones rurales, les enfants des régions montagneuses évoluent au contact direct de la montagne ; ils ont une expérience concrète et pragmatique de leur milieu naturel.

Au fil des activités du manuel, ils parcourent et redécouvrent la nature environnante, accompagnés et guidés cette fois par leur professeur.

Ils apprennent à observer, à mieux « lire » leur environnement, à en repérer les détails, à voir ce qu'ils n'ont peut-être pas encore vu.

Ils décrivent un objet à portée de main sur le sol ou une espèce en situation dans son milieu naturel et, toujours à partir d'observations concrètes, intègrent de nouveaux termes et de nouvelles notions.

Les activités peuvent les conduire à redécouvrir un objet en le juxtaposant ou le comparant à d'autres dans des assemblages et des compositions que la classe réalise ensemble.

À plusieurs reprises et quand cela s'impose, le professeur invite les élèves à utiliser le dessin car il permet souvent de mieux voir et de mieux comprendre. L'objectif n'est pas de développer des qualités de dessinateurs, mais d'observateurs de la nature. On dessine pour se souvenir d'un détail, pour capter une situation.

D'autres activités entraînent la classe à reconnaître et à qualifier les odeurs et les goûts des végétaux, ainsi que des préparations ou des plats qui en sont dérivés. D'autres les amènent à redécouvrir le relief en se plaçant eux-mêmes dans l'environnement, à utiliser certains exercices pour confronter échelle humaine et échelle du paysage.

En résumé la dimension esthétique et inspirante de l'environnement est utilisée pour éveiller la curiosité des élèves et capter leur attention. On comprend mieux ce que l'on a pu approcher, ce dont on a eu une expérience quasi intime, ce que l'on a fait sien, ce que l'on a appris à aimer en quelque sorte.

Dans un second temps, l'information scientifique et les connaissances environnementales sont transmises aux élèves dans des activités qui s'appuient sur le savoir local et usuel pour le replacer dans une perspective scientifique. Ces activités encouragent les échanges avec les détenteurs des savoirs autochtones parmi la population, qu'ils soient bergers, forestiers, agriculteurs, éleveurs, pisteurs, spécialistes des plantes médicinales, artisans.

Une relation triangulaire est souvent évoquée, induite dans la méthodologie même des activités, entre le ou les professeurs, les personnes ressources dans la communauté et les élèves.

Lors des étapes de réalisation, l'enseignant peut, s'il le souhaite, créer un espace d'échanges en classe avec les détenteurs du savoir local permettant d'explorer les liens entre écosystème et culture locale.

La transmission des connaissances, des savoir-faire, et même de la tradition orale (à travers récits et anecdotes) est ainsi facilitée.

Ensuite, les enseignants replacent ces connaissances dans une perspective scientifique : comment croiser le savoir autochtone avec une base d'informations scientifiques sur les écosystèmes fragiles que l'on trouve en zones montagneuses ? Comment l'associer à une meilleure connaissance de la conservation des espèces ? Comment l'associer à une utilisation durable des ressources de l'environnement ?

Les élèves sont ainsi amenés à développer leur sens critique et l'enseignant les guide dans la mise en place d'une réflexion sur l'impact des activités humaines sur l'environnement.

Avec l'activité *Forme et dessin : l'anatomie des végétaux* par exemple, l'objectif est d'étudier la forme et la croissance des végétaux, les arbres en particulier, de savoir les identifier, de connaître leur état en fonction de leur port et d'évaluer le stade de déboisement des zones forestières environnantes.

L'enseignant fait appel aux savoirs pragmatiques dont disposent les habitants de la région, les anciens de la communauté : quels sont les facteurs extérieurs qui agissent sur le port du végétal ? Quelles sont les formes dérivées d'adaptations génétiques et qu'elles sont celles engendrées par des déformations dues à l'action mécanique des intempéries ou à l'impact néfaste d'activités humaines ? Comment apprendre à identifier les facteurs de destruction : traces de surpâturage, de collectes récurrentes de bois de chauffage, d'élimination par le feu, de piétinement, ou bien traces de l'impact du vent, du gel, de la neige ?

L'activité suscite l'interrogation des élèves à une plus large échelle, à partir de l'observation des montagnes environnantes : constate-t-on des traces de déforestation massive sur les versants ? Quel est l'aspect des pentes en l'absence de couverture végétale ? Perçoit-on les signes de tentatives de reboisement ? En quoi toutes les parties d'un arbre sont-elles précieuses pour les sols ?

Par une étude précise et scientifique, la classe aborde les fonctions écologiques remplies par les arbres de leurs racines jusqu'à leur sommet et comprend mieux le véritable écosystème que constitue un arbre isolé, ainsi que la nécessité de le conserver intégralement dans un environnement où les équilibres écologiques sont fragiles.

Dans *L'inventaire des plantes utiles*, l'écosystème, perçu comme une source de récoltes et de bienfaits, est assimilé à un jardin dont la communauté prélève les fruits : un jardin qui nourrit (les plantes comestibles), un jardin

qui soigne (les essences et les plantes médicinales) et un jardin qui protège et sécurise (l'utilisation des plantes dans la construction des habitations ou la fabrication des vêtements).

Comment les populations, en retour, préservent-elles les ressources naturelles ?

Les élèves s'interrogent d'abord sur la relation existant entre les plantes, les traditions culturelles et la conservation. À l'origine du développement de pratiques culturelles en matière de goût, de cuisine, de soins médicaux et aromathérapeutiques, de construction des habitations, souvent associées à des rituels liés au culte et au bien-être spirituel, les plantes locales ont suscité l'émergence de nombreux usages qui définissent ou améliorent nos conditions de vie et enrichissent nos cultures.

La classe est cependant vite amenée à s'interroger :

Quelles sont les pratiques agricoles ou forestières qui nuisent à la disponibilité de ces ressources végétales et au déclin de leur diversité ?

Comment pallier aux besoins d'utiliser les arbres comme une source de revenus immédiats en les abattant à un taux de non renouvellement ?

Grâce à un dialogue encouragé avec les acteurs locaux, la classe imagine des solutions concrètes et comprend l'importance de maintenir ou de redynamiser les savoirs autochtones.

Comment diversifier les moyens d'existence de la population en variant les activités ? Comment générer des revenus complémentaires, améliorer l'agriculture grâce à de précieuses connaissances sur la flore sauvage et la biodiversité ? Comment améliorer le savoir local par des connaissances actuelles plus précises et par des connaissances scientifiques ? Comment entretenir la diversité des ressources pour répondre aux besoins divers de la population et encourager la possibilité et l'intérêt du choix (en matière de construction ou d'ameublement par exemple) ?

Enfin dans *Le jardin expérimental*, une équipe d'enseignants développe un projet concret d'enseignement à partir du jardin. L'activité intègre une dimension de développement durable en amenant les élèves à se mobiliser à long terme, autant pour le bénéfice des futures générations d'élèves que pour leur propre bénéfice.

Le choix du site du jardin est lié aux actions pilotes menées par les acteurs et les décideurs locaux en matière de protection de l'environnement. En élaborant le lieu-test qu'est le jardin expérimental, les élèves se réfèrent constamment aux conseils et à l'expérience de profes-

sionnels, agriculteurs, forestiers, exploitants, experts de l'environnement, menée à échelle réelle dans des espaces cultivés.

Ils apprennent à caractériser les plantes indicatrices de la qualité d'un terrain ; ils découvrent l'intérêt des adventices, des plantes messicoles et rudérales, apprennent à introduire un engrais vert, à épandre un fertilisant, à élaborer des cultures intercalaires ou en couloir en profitant de l'atout des légumineuses.

Surtout, l'intérêt d'un jardin expérimental en zones montagneuses est de permettre la découverte et la mise en valeur d'une zone arborée. Celle-ci peut être défrichée, restaurée et enrichie dans un premier temps, pour ensuite devenir le terrain d'expérimentation d'un mode de gestion collectif et concerté de produits forestiers non ligneux.

Le mode d'utilisation du manuel de l'enseignant

La maquette et la mise en page du livre de l'enseignant tentent d'être claires et attrayantes et reflètent l'esprit du projet.

Le choix d'un code couleur nettement marqué, vert et bleu marine, permet d'identifier clairement la structuration du manuel en trois chapitres et treize activités.

Le vert de la couverture se retrouve dans le bandeau des intercalaires ouvrant chaque chapitre puis dans le bandeau en exergue de chaque activité numérotée.

Ce bandeau donne le **titre** de l'activité et regroupe plusieurs symboles graphiques qui permettent à l'enseignant d'identifier et de s'approprier le matériel pédagogique.

Il est renseigné sur les points suivants :

Le **niveau** de l'activité : son niveau de difficulté en termes de contenu et de mise en œuvre qui peut être simple, intermédiaire ou avancé ;

Le **lieu** où mener l'activité : à l'extérieur ou en classe ;

Le **nombre de séances** à prévoir pour sa réalisation : la durée d'une séance, de deux à trois heures en moyenne, peut être adaptée par le professeur en fonction du temps dont il dispose.

La présentation des **objectifs** visés figure également en exergue de la description de chaque activité, sous le bandeau du titre.

Le professeur peut ainsi facilement mesurer les objectifs de l'activité qui, dans la plupart des cas, sont définis en termes de découverte de l'environnement, de connaissances à transmettre et de compréhension à faciliter chez l'élève.

Pour certaines activités de niveau avancé, au-delà des connaissances à transmettre, l'intention est également de favoriser certaines aptitudes et de transmettre des compétences.

La **méthodologie** à suivre pour le déroulement de chaque activité est clairement signifiée par le découpage de cette dernière en plusieurs étapes qui s'enchaînent.

Ces étapes sont à chaque fois résumées par un verbe d'action (collecter, classer...) ou indiquées dans un sous-titre où l'action prime (repérer l'action du vent et les traces de l'érosion...).

Ainsi, le sens d'une dynamique est donné en même temps qu'un ordre de progression.

Tout au long de la **description** de chaque activité, les sous-titres sont colorés en vert, couleur repère de la structuration du manuel, et ainsi clairement repérables dans le texte.

Les exemples illustrant chaque étape de l'activité sont colorés en bleu marine, couleur accompagnatrice du vert dans le code couleur adopté pour l'ensemble du kit pédagogique.

Les titres et sous-titres figurent également dans le sommaire du manuel qui, dès le début, permet d'avoir un aperçu du contenu de chaque activité et de son déroulement.

Enfin, les termes scientifiques ou techniques liés à l'écologie ou à la connaissance de l'environnement sont clairement repérables : ils sont colorés en rose et renvoient le lecteur à un glossaire figurant à la fin du manuel.

Par le biais de ce **glossaire**, la base de connaissances de l'enseignant peut être renforcée et les connaissances requises sont précisées.



Chapitre 1

Découvrir l'écosystème et la biodiversité

01

La collection des merveilles

Niveau

simple



Lieu

en classe
et à l'extérieur

Durée

2 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En collectant des objets naturels dans leur paysage familier, les élèves prennent conscience de la diversité biologique de leur environnement. L'exercice suscite souvent l'émerveillement.

2. Connaissances et compréhension

Par la classification des objets trouvés et leur regroupement sous forme de collections, l'enseignant invite les élèves à visualiser une première fois les notions de biotope, de biocénose et d'écosystème.

Déroulement

1. Redécouvrir ensemble les bas versants de la montagne

- Dans les zones montagneuses, le paysage est souvent varié, pittoresque, mais également difficile d'accès car escarpé, parfois très pentu, soumis à de rudes conditions climatiques et aux forces de l'érosion. La plupart des élèves vivant au contact de la montagne connaissent ce terrain accidenté car ils entretiennent une relation d'usage avec leur environnement.
- Dans un premier temps, l'enseignant propose de les guider dans une redécouverte de la beauté et de la richesse extraordinaires de ces écosystèmes montagnards.
- Il invite la classe à parcourir l'environnement proche lors de promenades à pied dans les zones basses des versants montagneux, là où se trouvent les habitats permanents, et à distinguer des milieux différents où la biodiversité existe sous des formes variées.
- L'enseignant introduit la notion de **biodiversité**¹ : un terme général désignant la variabilité des plantes, animaux et micro-organismes présents sur la terre, leur variabilité à l'intérieur d'une même espèce ainsi que la variabilité des **écosystèmes** dont ils font partie. En général, la biodiversité comprend la diversité génétique, la diversité des espèces, la diversité des **habitats** et des écosystèmes.

2. Apprendre à repérer différents milieux

- Le professeur oriente la découverte vers deux ou trois zones distinctes du paysage, marquées par une **couverture végétale** spécifique.
- Dans la plupart des régions, il peut opter pour une comparaison entre un milieu fermé (forêt, bois, sous-bois) et un milieu ouvert (pelouse, prairie, cultures, terrasses).

Exemples :

Dans les Andes boliviennes, il peut s'agir d'une zone de forêt tropicale humide et d'une zone de cultures tropicales de haute altitude comme le quinoa;

Dans l'Himalaya central, une zone de culture de blé ou de pommes de terre en terrasses et une chênaie à *Quercus lamellosa*;

Dans les Alpes, en région tempérée, une zone bocagère et une zone de forêt de feuillus composée par exemple de chênes rouvres (*Quercus sessiliflora*), de hêtres, de châtaigniers, de frênes et de charmes.

¹. Les termes colorés en rose sont définis dans le glossaire en p.164





1

1. Paysage montagneux,
massif de *Taganana*,
Tenerife, îles Canaries
© Michel Le Berre

2. Mosaïque de forêts et de prairies,
région du *Mont Laitmaire*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

2

► Là où elle se trouve dans le monde, la classe apprend à repérer les changements de la couverture végétale en circulant d'une zone choisie à l'autre sur les bas versants de la montagne. Les élèves repèrent notamment la richesse en espèces et la stratification marquée des milieux forestiers constitués d'une, voire deux strates arborescentes, d'une strate arbustive et d'une strate herbacée.

Exemple :

Dans les forêts caducifoliées tempérées d'Europe occidentale, à l'étage collinéen, le chêne peut occuper la strate supérieure de la forêt, «secondé» par le hêtre ou le sapin à une hauteur inférieure, suivis ensuite d'arbustes comme la ronce, d'arbrisseaux plus petits comme les bruyères ou les aînelles à tiges anguleuses, et par une strate au sol, composée de plantes herbacées hautes comme les fougères vivaces ou plus basses comme les éphémères de printemps telles l'ail des ours ou l'arum.

► De la même façon, les élèves peuvent s'amuser à repérer la stratification de végétation qui caractérise le milieu plus ouvert; s'il s'agit d'une prairie ou d'un pâturage, en distinguant une strate aérienne de hautes graminées ou de chaumes d'une strate au sol composée de plantes herbacées, voire même d'une couche souterraine.

► Avec l'aide du professeur, ils relient les étages de végétation des milieux qu'ils visitent à la faune susceptible d'y vivre et s'efforcent d'en percevoir des traces de présence ou de passage.

3



3. Jeune plant de vétrate blanc (*Veratrum album*), région de Château d'Oex, Suisse
©UNESCO/Olivier Brestin

4. Groupe de champignons, région de Pelling, Sikkim, Inde
©UNESCO/Olivier Brestin



4



5

5. Branche de sapin, Etivaz, région de Château d'Oex, Suisse
©UNESCO/Olivier Brestin

6. Trolles d'Europe (*Trollius europaeus*), Mont Chevreuil, région de Château d'Oex, Suisse
©UNESCO/Olivier Brestin



6

Exemples :

Dans la strate au sol des plantes herbacées de la prairie, vivent des multitudes de criquets, de sauterelles et de coléoptères ainsi que des campagnols.

En forêt, l'acarien exploite le tapis de mousse, la fauvette l'arbuste, l'écureuil le tronc et un oiseau comme le bec-croisé les bourgeons des cimes.

3. Distinguer des micro-milieus parmi les milieux visités

► L'enseignant pousse l'exercice de découverte jusqu'à repérer des sortes de « micro-milieus » parmi les différents milieux parcourus.

Ce sont des espaces aux caractéristiques repérables qui semblent se différencier du reste du milieu environnant comme une clairière dont la luminosité est soudain frappante en forêt ou les alentours immédiats d'un point d'eau, d'un torrent, dont l'humidité favorise l'émergence de plantes particulières, dans un déchaînement de vert tendre à profond. Il peut encore s'agir d'une zone d'éboulis fin à grossier, colonisée par plusieurs espèces de plantes pionnières dont les fleurs composent un parterre multicolore.

► Par ce travail précis de découverte et de sensibilisation, les élèves pressentent qu'il existe certaines ressources (comme l'eau ou la composition du sol) et certaines conditions (comme l'exposition au soleil) qui déterminent l'existence de ces micro-milieus ; tout comme il en existe d'autres qui prévalent à l'émergence des milieux qu'ils ont étudiés auparavant. Ces micro-milieus ne font que s'imbriquer dans une mosaïque de milieux de niveaux supérieurs auxquels ils s'ajoutent et qui constituent le paysage des bas étages montagneux.

8. Fraises sauvages de l'Himalaya
(*Fragaria nubicola*), Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

7

8



9. Jeunes plants de fougères,
Fanbonglo Wildlife Sanctuary,
Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

10. Erine des Alpes (*Erinus alpinus*)
sur rochers, Mont Laitmaire, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



9



10

4. Collecter des objets naturels issus des différents milieux abordés dans l'environnement

► Divisée en groupes, la classe parcourt successivement tous les milieux (ou micro-milieus) abordés et collecte autant d'objets naturels et divers qu'il est possible et les répartit dans des sacs différents selon les zones : débris de strates rocheuses, pierres curieuses, échantillons de terre, de boue, de sable dans de petits récipients, rameaux de buissons ou d'arbrisseaux et, selon les saisons, feuilles, tiges et épis de graminées, feuilles et fleurs de plantes herbacées (sauf les plus fragiles ou les plus rares), fruits et graines de toutes sortes (glands, faines, akènes, samares), cônes, bulbes et tubercules déterrés (jonquilles, ail des ours en Europe, lis comme *Lilium medeoloides* dans les Alpes japonaises), fragments de racines, débris d'écorce, champignons, lichens et mousses, fossiles, insectes morts (coléoptères, collemboles, cloportes), cocons vides, os et dents de mammifères (belettes, mulots, renards, écureuils, martres, zibelines, pécaris, lynx selon les continents), bois et fragments de ramure (cervidés), plumes d'oiseaux (geais des chênes en Europe, tétras dans la forêt boréale, aras et paradisiers en basse montagne tropicale), œufs tombés du nid, coquilles (mollusques, escargots), pelotes de réjection, mues de reptiles ou d'autres espèces animales. Quelle surprise ! Ces objets ont une dimension de trésors cachés, mis au jour dans la main.

5. Stocker les végétaux

► La classe peut emporter de vieux journaux ou magazines et conserver les plantes coupées en les insérant entre les pages de façon à les étaler et à leur conserver une forme pendant le séchage.

6. Nettoyer les objets sales

► Les élèves nettoient soigneusement les objets quand cela est nécessaire, en évitant de les détériorer.

7. Observer

- De retour en classe, on observe les objets un par un : il est intéressant d'apprendre à les découvrir en les regardant sous des angles différents, en observant les moindres détails, en rapprochant des éléments de même type (deux fruits par exemple).
- L'enseignant invite la classe à établir des correspondances de formes, de textures, de couleurs entre les objets.

8. Identifier

- Ensuite seulement on identifie les objets : à qui appartiennent-ils ? Sont-ils issus d'une espèce végétale ou d'une espèce animale ? Parfois d'une même espèce ? Sont-ils issus des ressources du milieu terrestre (du sol par exemple) ?

9. Classer

- Les élèves classent leurs trouvailles en pointant certaines distinctions : ce qui appartient à la flore ? Ce qui appartient à la faune ? Ce qui appartient aux **règnes** du vivant ? Ce qui n'appartient pas aux règnes du vivant (les fragments de rochers par exemple) ?

10. Intégrer des notions

- L'enseignant entraîne à nouveau les élèves à l'extérieur et, considérant les trouvailles une par une, les resitue dans le contexte naturel. Il peut aussi les extraire successivement des collectes réalisées par les élèves.
- L'idée est de partir de l'objet individuel (la plus petite unité) pour aller vers une plus grande échelle avec l'espèce, le milieu naturel, et dans l'étape suivante avec l'écosystème.

Exemple :

Un objet choisi indique une espèce. On précise ensuite son milieu naturel :

Où l'a-t-on découverte ? Comment occupe-t-elle l'espace de son habitat ? Vit-elle en grand nombre dans cet habitat ? Est-elle très localisée dans l'espace ? Se déplace-t-elle sur de grandes distances comme les animaux qui migrent d'une ceinture de végétation à l'autre en montagne selon les saisons ? Quel est son régime alimentaire ?

- De cette façon, l'enseignant introduit la notion de **biocénose** : une communauté d'êtres vivants, animaux, végétaux et micro-organismes coexistant dans un même milieu naturel.

- Puis il éveille à la notion de **biotope** : un espace naturel déterminé, caractérisé par des conditions particulières, au sein duquel se développent des espèces animales et végétales adaptées à ces conditions.

Exemples :

Au bord d'un torrent de montagne des régions tempérées, dans la partie basse, quand son lit s'élargit, on trouve des espèces végétales courantes des bords d'eau ou des prairies marécageuses comme la grassette des Alpes, la saxifrage étoilée, la primevère farineuse associée à des laiches (cypéracées). On y trouve des batraciens comme la grenouille rousse et la salamandre tachetée, des insectivores comme la musaraigne aquatique ; des oiseaux survolent et parcourent cette zone comme la bergeronnette des ruisseaux ou le cincle plongeur ainsi que de nombreux insectes dont l'éphémère, un éphéméroptère répandu, et le trichoptère phrygane... Toutes ces espèces cohabitent et partagent ainsi le même biotope.

Beaucoup plus haut, dans une zone de pâture sous mélèzes, on peut dire également que moutons, mélèzes, graminées comme la fétuque ovine ou la canche flexueuse, ainsi que certains oiseaux typiques de l'avifaune du mélèze comme le merle à plastron et la grive musicienne partagent le même biotope.

11. Imaginer des collections

- À la lumière de ces informations, les élèves vont imaginer des collections à partir de leurs propres trouvailles.
- L'objectif est de mettre en image, de présenter les éléments qu'ils ont récoltés, en éclairant les notions de biotope et de biocénose qu'ils viennent de découvrir.



11. Rougequeue
(*Phoenicurus*), (Turdidés),
Distribution: Europe et Asie
© UNESCO/Olivier Brestin

13. Torrent de montagne,
Praz Cornet, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



12. Arnica des montagnes
(*Arnica montana*), Praz Cornet, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



Une boîte plate ou une simple surface cartonnée sert de support à la réalisation de chaque collection.

► Les élèves se remémorent le lieu où chaque objet a été collecté. Qu'est-ce qui caractérise cette même unité de paysage dans l'écosystème ?

► Ils disposent chaque groupe d'objets appartenant à un biotope spécifique sur un support cartonné. Comment représenter l'unité d'une communauté d'êtres vivants dans un lieu ?

► Ils produisent un fond coloré représentant le sol du biotope ou collent sur le support des éléments minéraux issus du sol en question. Sur une couche de colle, ils répandent du sable par exemple. Ils créent ainsi un effet de texture ou de matière assez proche de l'original ;

► Ils placent ensuite sur le support les objets issus des espèces présentes dans le biotope, en adoptant un certain ordre : les objets sont regroupés pour représenter soit les chaînes alimentaires, soit les familles d'espèces, soit les règnes du vivant.

C'est aux élèves de proposer une première représentation de l'écosystème à partir de leurs collectes et des premières données qui leur sont fournies. Ils illustrent l'unité et la diversité d'un lieu de vie dans le paysage.

► L'enseignant a pour rôle d'ajuster la collection à la réalité du milieu. En fonction de la diversité des milieux localement disponibles, il propose de ne pas se limiter à la seule diversité des objets récoltables mais également à leur nombre et à leurs proportions relatives.

La collection peut ainsi mettre en valeur une comparaison entre objets de même type (entre plusieurs feuilles ou plusieurs plumes d'oiseaux par exemple).

► Cela permet à l'enseignant d'introduire des éléments quantitatifs, d'ordre scientifique, et d'introduire des notions plus précises comme la richesse, l'abondance des espèces ou au contraire la rareté, la diminution, qui permettent de souligner l'idée de différence d'un biotope à l'autre.

► En relation avec la diminution des espèces, l'enseignant introduit l'idée d'impact des conditions climatiques rigoureuses sur les êtres vivants mais également des activités humaines sur la **conservation** de l'environnement.

► Il précise que l'écosystème peut être perçu comme un ensemble dynamique de biotopes et de biocénoses en interaction.

► Ainsi les élèves peuvent constituer autant de mini-collections qu'il existe de milieux repérables, chaque collection correspondant à un biotope particulier. Ce sont de véritables « collections de lieux » qui permettent à l'élève d'aborder l'écosystème en le visualisant en unités séparées, tel qu'il est en partie étudié par les spécialistes de l'écologie.

02

Tapis végétal ou la montagne en mosaïque

Niveau

simple



Lieu

à l'extérieur



Durée

2 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En représentant la mosaïque de végétation de la montagne sous la forme d'un grand tapis végétal au sol – composé à partir d'objets naturels prélevés à des hauteurs différentes sur la pente – les élèves prennent conscience de la diversité des milieux de leur environnement.

2. Connaissances et compréhension

Par l'observation détaillée de la composition, l'enseignant entraîne les élèves à comprendre les conditions qui régissent l'existence des êtres vivants en montagne ainsi que les relations ou facteurs qui les lient entre eux (entre espèces) et à leur milieu naturel.

Déroulement

1. Choisir le terrain pour réaliser la mosaïque végétale

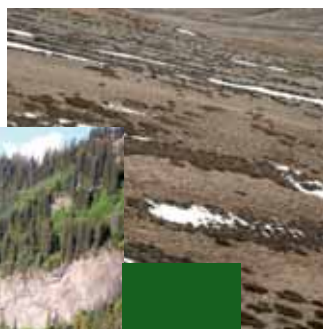
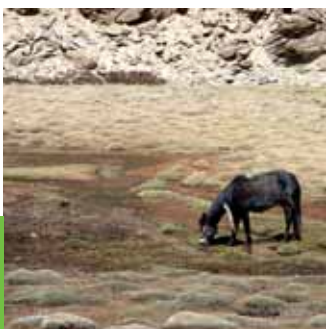
► Le professeur choisit une zone d'intervention à l'extérieur, proche de l'école, une zone de terre nue, à ratisser, à nettoyer, de préférence vaste et dégagée. Elle est ensuite aplanie et va servir de fond pour la composition d'un tapis végétal représentant la mosaïque de végétation de la montagne. Le choix du terrain est déterminant en tant que fond coloré pour bien faire ressortir les différents éléments rapportés d'ailleurs.

2. Préparer l'étape de la collecte

► Sur le principe de l'atelier précédent *La collection des merveilles*, les élèves vont procéder à des collectes d'éléments naturels à plusieurs hauteurs sur le massif montagneux de façon à saisir et mettre en valeur le principe de l'étagement de la végétation en montagne.

En préalable à la phase de collecte, l'enseignant précise :

- L'articulation de la végétation en une série de zones ou d'étages depuis la base jusqu'au sommet du massif montagneux est une caractéristique biologique très importante en montagne.
- La température régit la distribution des êtres vivants (espèces végétales, animales, micro-organismes) sur les pentes.





14

14. Fétuque (*Festuca orthophylla*) (Poacées), plateau de Socaire, Désert d'Atacama, Chili
© UNESCO/Olivier Brestin

16. Conifères et feuillus sur prairie, région du Mont Laitmaire, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



15



16

- Les étages de végétation peuvent avoir des limites diffuses car d'un massif à l'autre dans le monde, les plantes suivent le climat et même les microclimats qui caractérisent le massif plutôt qu'une organisation donnée strictement par l'altitude.

- Cependant plus on s'élève, plus il fait froid. Pour quelle raison ?

- La pression atmosphérique diminue avec l'altitude car l'atmosphère est moins chargée en vapeur d'eau, en gaz carbonique et en poussières.

- L'atmosphère n'offre donc plus la même masse thermique d'interposition entre les rayons solaires et la terre.

- Le rayonnement solaire très intense pendant la journée crée un échauffement fort du sol et des éléments naturels alors que la nuit, comme rien ne s'oppose à la fuite de la chaleur, le sol se refroidit considérablement. Il y a déperdition intense de chaleur et la température s'abaisse.

- En résumé, plus un organisme vit haut dans une montagne, plus il doit être résistant au froid.

- ▶ Afin de réaliser la phase de collecte à plusieurs niveaux d'altitude, l'enseignant prévoit l'organisation logistique de l'exercice.

Il divise la classe en groupes selon le nombre d'étages de végétation à visiter et à étudier.

- ▶ Avec l'aide de personnes ressources (un chauffeur, un guide de montagne), l'enseignant organise l'acheminement des groupes à plusieurs points d'accès en hauteur soit par la route (si celle-ci est praticable) soit par randonnée pédestre et en prévoyant des bivouacs si nécessaire.

Remarque:

En fonction de la hauteur des massifs et de la raideur des pentes, il sera plus ou moins exclu d'atteindre l'étage alpin situé parfois à une altitude très élevée comme dans l'Himalaya central à 3900 m d'altitude environ.

Toutes les fois où il sera possible d'atteindre la limite des forêts et la **pelouse alpine** (une partie de l'acheminement pouvant se faire par transport), les élèves sont invités à s'y rendre car il s'agit de zones de l'écosystème très intéressantes, souvent riches en micro-milieus et en accidents de relief, la pelouse alpine constituant une zone d'élevage de yacks, de chèvres et de moutons dans l'Himalaya ou d'élevage d'ovins et de bovins dans la « Puna » bolivienne.

17. Mosaïque de forêts et de prairies, *Mont Chevreuil*, région de *Château d'Oex*, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin

18. Fonte des neiges, *Paray Dorénaz*, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin



17



18

De la même façon, en région tropicale, certaines zones de taillis de bambous géants et de forêts de montagne sont impénétrables.

Dans tous les cas, l'important sera de mettre en valeur deux ou trois ceintures concentriques de végétation que l'on retrouve de façon récurrente sur beaucoup de massifs de bas en haut :

- une zone de collines et de basses pentes favorables à l'implantation humaine et à l'agriculture en terrasses qui l'ont modifiée ;
- une ceinture forestière fournie ;
- une pelouse alpine ou un épais tapis herbacé de graminées situé au-dessus de la limite des forêts.

► Les élèves pensent à se munir de vieux journaux pour stocker les végétaux collectés entre les pages (cf. activité précédente).

3. Collecter des objets naturels à différents étages de la montagne

► Les élèves réalisent plusieurs collectes d'éléments naturels de manière simultanée à des hauteurs différentes sur le massif (pour prévoir une simultanéité des actions, certains devront partir plus tôt...).

► À l'intérieur de chaque étage de végétation, les élèves arpentent plusieurs unités de paysage différentes avec des types de végétation et de faune différenciés.

Il peut s'agir :

- d'une chênaie mélangée à un bois de pin sylvestre et d'une zone de culture de la vigne à l'étage collinéen des Alpes ;
- d'une zone de limite de la forêt à l'**étage subalpin** dans le Tien-Chan en Asie, constituée d'arbres rabougris comme les épicéas aux rameaux rampants, les saules et les bouleaux nains ;
- d'un haut vallon alpestre, à l'**étage alpin**, parsemé de blocs rocheux, le lieu de saisissants contrastes de micro-milieus comme :
– Une arête sur le versant exposé au sud (**adret**), chauffée par le soleil, où bourdonne le bruit des insectes et s'épanouit la gentiane pourpre ;



19. Montagnes arides (1600m),
région de Samarcande, Ouzbékistan
© Michel Le Berre

– De l'autre côté du massif, située sur l'**ubac** ou versant nord, une profonde dépression ou **combe** à neige, froide et ombragée, où s'abrite le saule herbacé.

► Pour chaque zone, les élèves répartissent leurs trouvailles dans des sacs différents (ne pas omettre un nombre important de pierres, de cailloux de toutes les tailles et nuances colorées, issus par exemple du milieu rocailleux de l'étage alpin).

4. Composer au sol la mosaïque des milieux montagnards

► De retour sur la zone d'intervention, les élèves composent le tapis végétal des divers habitats horizontaux de l'écosystème montagnard :

► Ils dessinent au sol le contour de la montagne à l'aide de pierres collectées puis subdivisent la forme en étages (bandes horizontales) qu'ils délimitent également à l'aide de cailloux.

► À l'intérieur de chaque bande horizontale, ils créent des sous-parties (sortes de cases) en fonction du nombre d'unités de l'écosystème à représenter par étage.

Exemple :

Si un groupe d'élèves a pu repérer trois biotopes différents à l'étage collinéen (cf. types de végétation cités précédemment), le groupe isolera trois cases ou segments à cet étage à partir des collectes issues de chaque biotope.

► La classe prend soin de choisir une journée lumineuse, sans humidité, ni aucun vent pour éviter que les objets ne soient emportés.

► Les élèves procèdent à la composition de la mosaïque en prenant un soin particulier à l'arrangement des objets au sol dans les différentes cases prévues assez grandes pour plus d'aisance.

Exemple :

En région tempérée, la bande horizontale correspondant à l'étage subalpin pourra être subdivisée en plusieurs cases dont voici un exemple :

Quelques beaux rameaux de mélèze se mélangent à des rameaux d'arole ou pin cembro (*Pinus cembra*), mêlés à leurs fruits ou cônes formés d'écailles ligneuses et à leurs graines ou pignons. S'ajoutent aux conifères des rameaux d'arbrisseaux nains comme la myrtille (*Vaccinium myrtillus*) ou l'airelle rouge (*Vaccinium vitis-idaea*)

et des spécimens de plantes sylvatiques associées comme le géranium des bois (*Geranium silvaticum*) ou l'homogyne alpine (*Homogyna alpina*).

Avec un peu de chance, les élèves pourront disposer au sol quelques plumes de pinson, de pipit des arbres, de bouvreuil pivoine et surtout de casse-noix moucheté au plumage brun chocolat semé de petites touches blanches. La même case pourra éventuellement contenir des coquilles d'œufs, des dents de petits mammifères comme le lérot, des os témoignant du festin des oiseaux de proie, des lambeaux de laine ou de fourrure.

► Au même étage, un autre exemple :

Toujours pour l'étage subalpin en région tempérée, une deuxième case peut représenter une dépression humide (gorge fraîche, couloir d'avalanche) et contenir des feuilles d'aulnes verts, des fleurs de saxifrage à feuilles rondes et si possible quelques spécimens de grandes plantes vivaces (mégaphorbaies) poussant particulièrement sur les sols d'éboulis, humides, riches d'humus et de minéraux. Les élèves prennent certaines précautions (lavage des mains) après avoir prélevé et manipulé ce type d'espèces vénéneuses comme les aconits (*Aconitum*).

5. Observer en détail la mosaïque obtenue

La contemplation en groupe de la mosaïque est importante :

► Chaque élève prend la mesure de l'intérêt visuel de l'ensemble de la composition.

Représenter la mosaïque de végétation de la montagne par des bandes horizontales faites de cases aux motifs différents permet, à travers la découverte et l'observation de chaque unité, d'attirer l'attention sur les détails et donc sur les objets qui constituent ces unités, sur les ressemblances et les différences des uns par rapport aux autres (exercice naturel de la perception du tout à la partie). Avec par exemple trois cases par étage, l'idée de diversité des espèces et des milieux ainsi que celle de variabilité d'un milieu à l'autre sont communiquées.

► Les élèves peuvent remarquer que quelle que soit la région du monde, la diversité caractérise particulièrement ces écosystèmes montagnards (à l'exception de l'étage nival, inatteignable, un domaine avant tout minéral, peuplé par endroits de lichens et d'araignées).

► Ils prennent la mesure de la **localisation** des espèces montagnardes à des altitudes déterminées et de la **diversité** étonnante des espèces tenant à la multitude des lieux de vie. La mosaïque permet de mettre en valeur cette fragmentation des milieux en montagne.

6. Intégrer des notions

► Le professeur examine la composition de chaque case et interprète le biotope représenté. Il demande aux élèves de se remémorer les lieux.

Il met en évidence les relations entre les espèces présentes et le milieu auquel elles appartiennent :

- Les êtres vivants subissent l'influence de leur milieu : leur existence est dépendante de **ressources** (eau, qualité des sols, nutriments) et déterminée par des **conditions** (température, précipitations).
- D'autres facteurs spécifiques à l'espace et au relief particuliers de la montagne agissent sur les espèces présentes comme la hauteur des massifs, la raideur des pentes et l'exposition au soleil (le degré d'ensoleillement).

► L'enseignant poursuit :

- Les êtres vivants subissent l'influence des autres espèces qui les entourent d'abord par les **chaînes alimentaires**. Les relations d'alimentation entre espèces sont directes.
- Plus qu'ailleurs en montagne, chaque espèce crée un impact sur l'environnement à l'intérieur de ce que l'on définit comme une **niche écologique** tandis qu'elle occupe l'espace qui lui revient en fonction de son régime alimentaire et de ses concurrents. C'est l'espèce la mieux adaptée qui occupe l'espace naturel ou biotope qui lui fournit sa nourriture au rythme des changements saisonniers inhérents à l'écosystème montagnard.

À chaque saison, le végétal offre des ressources alimentaires différentes à l'herbivore et l'herbivore au carnivore.



20

23

20. Érosion à l'étage montagnard,
Paray Dorénaz, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

21. Vautour de l'Himalaya
(*Gyps himalayensis*), *Ladakh, Inde*
© UNESCO/Olivier Brestin

22. Fond de vallée et montagnes,
Aïr, Niger
© Michel Le Berre



21



22

23

23. Marchand d'abricots secs,
Leh, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

24. Yack domestique,
Vallée Nubra, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

25. Rhododendron cilié
(*Rhododendron hirsutum*),
Col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



25

24

26. Laser hérissé
(*Laserpitium halleri*),
Mont Laitmaire, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

27. Fruits de *Prinsepia utilis*,
Lachung, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

28. Branche de *Picea Spinulosa*,
Lachung, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



26



27



28

Exemple :

Le chamois qui craint le soleil et apprécie les combes et les milieux ombragés de l'ubac (versant nord) se nourrit de trèfles et de légumineuses en été et se rabat sur les aiguilles, les écorces et les mousses en hiver.

Un carnivore comme l'aigle qui vit au-dessus de la limite des forêts est naturellement friand de marmottes. Quand celles-ci hibernent dans leurs terriers situés très loin sous terre, il se contente de perdrix (lagopède), du lièvre variable au pelage immaculé l'hiver ou de tétras durant toute la mauvaise saison.

- Les restes d'animaux morts sont consommés par les détritivores (nécrophages, vers de terre, fourmis). La matière qui n'est pas consommée par les détritivores est décomposée par les micro-organismes, les **décomposeurs**.

Les relations entre les espèces sont aussi moins directes et identifiables.

- Entre espèces aux besoins similaires, la **compétition** est la règle : c'est la plus « armée » pour la lutte pour l'existence qui occupe l'espace naturel ou celle qui arrive à en supporter les contraintes.

Exemple :

La plante la plus adaptée physiologiquement pour trouver de l'eau dominera dans les endroits secs ;

Sur les terrains calcaires secs croissent des espèces pionnières très adaptées qui excluent les espèces moins adaptées.

- La compétition n'empêche pas certaines espèces aux besoins complémentaires de s'associer. Ainsi, des espèces végétales croissent en compagnie de telle autre espèce dans des milieux analogues selon un strict principe d'**association** végétale spécialisée (composée de peu d'espèces) et très dissemblable selon les lieux.

Exemple :

La campanule barbue s'associe volontiers avec le rhododendron ferrugineux ou l'edelweiss avec l'aster des Alpes.

- Pour accomplir leur cycle biologique, beaucoup d'espèces ont besoin de l'**interaction** d'autres espèces ;

Exemple :

La gentiane épanouie sur l'arête est pollinisée par l'abeille.

7. « Activer » ces notions à travers l'invention d'un récit

► Suite à cet éclairage sur les relations des espèces entre elles et avec leur milieu, les élèves se concentrent sur la mosaïque et imaginent une histoire, un récit qui intègre et lie entre eux chacun des objets de la composition.

► L'intention est de mettre en valeur les relations évoquées par le professeur (rapport des espèces aux ressources, chaîne alimentaire, compétition, association, interaction) tout en produisant un récit spontané dont les enchaînements sont fluides et ininterrompus d'un objet à l'autre. On passe librement et rapidement d'un élément à l'autre, puis d'un biotope à l'autre, suggérant l'idée de lien, d'interaction entre les différents biotopes dans le fonctionnement de l'écosystème comme un ensemble.

► L'élève peut intégrer une part d'imaginaire dans le cadrage de son histoire (*il était une fois...*), l'important étant que la lecture du biotope puis de l'écosystème et de son fonctionnement reflète les informations transmises.

► L'enseignant signale par la suite les incohérences.

Exemple de réseau trophique en région tempérée montagnarde

Consommateurs tertiaires



Aigle royal
Aquila chrysaetos



Ours brun
Ursus arctos



Collembola



Bactérie

Transformateurs

Détritivores

Nécrophages

Scatophages



Vautour fauve
Gyps fulvus



Géotrupe
Geotrupes stercorarius

Consommateurs secondaires



Hermine
Mustela erminea

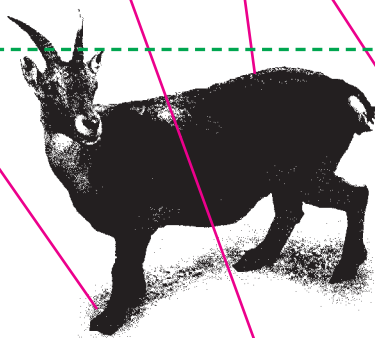


Carabe de Solier
Chrysocarabus solieri

Consommateurs primaires



Campagnol des neiges
Chionomys nivalis

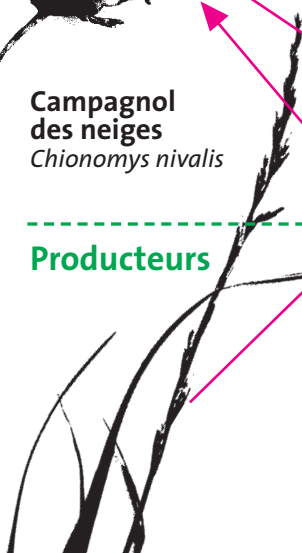


Bouquetin
Capra ibex



Bourdon alpin
Bombus alpinus

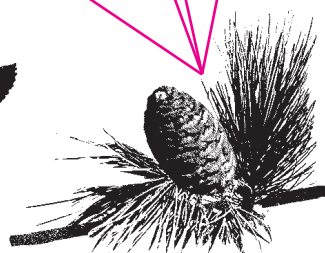
Producteurs



Fétuque bigarrée
Festuca varia



Myrtille
Vaccinium myrtillus



Pin cembro
Pinus cembra



Trèfle des Alpes
Trifolium alpinum

03 Terre, pierre et érosion

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu 
à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En découvrant les formes du relief et la constitution du paysage géologique avec leur professeur, les élèves établissent une relation entre la nature des roches et la qualité du sol, entre la roche et les sédiments.

2. Connaissances et compréhension

Après plusieurs interventions éphémères dans le paysage minéral (tracés, sculptures), les élèves visualisent, par une série de dessins, le phénomène de l'érosion en montagne et comprennent l'importance des nutriments du sol dans l'écosystème.

Déroulement

1. Repérer le minéral

Une montagne est par définition un relief constitué de masses de roches issues du soulèvement de l'écorce terrestre. Elle est donc essentiellement minérale.

► Avec le professeur, les élèves choisissent de se concentrer sur différents emplacements en hauteur où prédominent largement les éléments minéraux.

À plusieurs niveaux sur la pente, ils observent :

- Un éboulis de **cône de déjection** en basse altitude où un torrent déverse son chargement de boue et de cailloux ;
- Un champ de pierres ou un dallage de pierres plates en haute altitude, à l'étage alpin, causé par l'éclatement ou l'écaillage des roches sous l'effet du gel, par la suite entraînées par la boue.
- Au loin en hauteur, ou dans la distance, les crêtes alpines en dents de scie des sommets révélant souvent des arêtes vives.

2. Observer la composante géologique du relief montagneux

► Le professeur va évoquer ensuite la formation géologique de la montagne.

Il qualifie d'abord le type de roche que l'on peut trouver sur les différents lieux observés.

Il peut s'agir :

- D'une **roche sédimentaire** issue de la consolidation de couches de matériaux transportés par l'eau ou le vent comme les schistes et les grès formés de débris de roches anciennes érodées ;
- De calcaire, autre roche sédimentaire qui s'est formée en milieu sous-marin, composée de restes végétaux et animaux ;
- De **roches ignées** issues d'une poussée de **magma** ou de matière en fusion qui, par intrusion et en se refroidissant, donne une roche à grains grossiers comme le granite ;
- De **lave** encore qui, lorsqu'elle fait irruption en surface, se refroidit rapidement en basalte, autre roche ignée.

► L'enseignant profite de ce temps d'observation des roches pour relier l'observation faite au processus de formation du relief visité par la classe.



29. Chaîne du Zaskar,
vue du monastère de *Phyang*, Ladakh, Inde
©UNESCO/Olivier Brestin

- S'agit-il d'un volcan dont l'aspect est celui d'un cône régulier et isolé?

Exemple :

Des volcans comme le Kilimandjaro en Tanzanie ou comme l'Etna en Sicile sont des montagnes isolées.

- La montagne fait-elle partie au contraire d'un ensemble de sommets d'origine plus ou moins semblable formant une chaîne à son tour combinée à d'autres, en un système long et complexe, comme pour les Montagnes Rocheuses ou l'Himalaya ?
- La formation du relief est-elle due à un phénomène thermique dans la croûte terrestre comme le sont les volcans apparus sur l'écorce terrestre suite à une poussée de magma et/ou à une éruption de lave ?
- Est-elle due à une autre cause comme les phénomènes **tectoniques** engendrés par la dérive des plaques continentales à la surface du globe ?

Exemple :

La collision de la plaque africaine et de la plaque eurasiennne a créé les Alpes il y a environ 50 millions d'années.

- Sous l'intense pression, il se produit un plissement quand les plaques se heurtent et passent l'une sous l'autre ; des failles se brisent alors.

Les élèves peuvent ainsi repérer les signes de montagnes plissées ou faillées dans le paysage en observant les plis parallèles du relief comme sur la photo page suivante. Ils repèrent aussi les grandes cassures ou failles à partir desquelles s'articulent les blocs rocheux comme dans les Montagnes Rocheuses.

- La montagne fait-elle partie d'un massif volcanique issu d'une accumulation plutôt que d'une irruption de lave à la surface de la terre provoquant un gonflement de celle-ci, puis une montagne en dôme formée de lave solidifiée, comme le Drakensberg en Afrique du Sud ?
 - Le relief est-il une combinaison de ces différents phénomènes de plissement et de faillage et d'intrusion de masses de magma comme dans les Andes : la « cordillère » des Andes, de l'espagnol « corde », plus long système de montagnes terrestres, issu de mouvements tectoniques mais couronné de hauts volcans sur toute sa longueur.
- Après avoir identifié dans le paysage les signes témoignant d'une formation géologique spécifique, les élèves sondent le sol aux différents points de la pente observés.



30



31



32



30. Montagnes arides,
Désert d'Atacama, Chili
© UNESCO / Olivier Brestin

31. Marbre blanc,
Aïr, Niger
© Michel Le Berre

32. Erosion thermique sur rochers,
Aïr, Niger
© Michel Le Berre

33. Cheminées de fées,
Cappadoce, Turquie
© Michel Le Berre

34. Granite (détail),
Aïr, Niger
© Michel Le Berre

33

34





35



36

37



39

35. Montagnes plissées,
région d'*Hemis*, *Ladakh*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

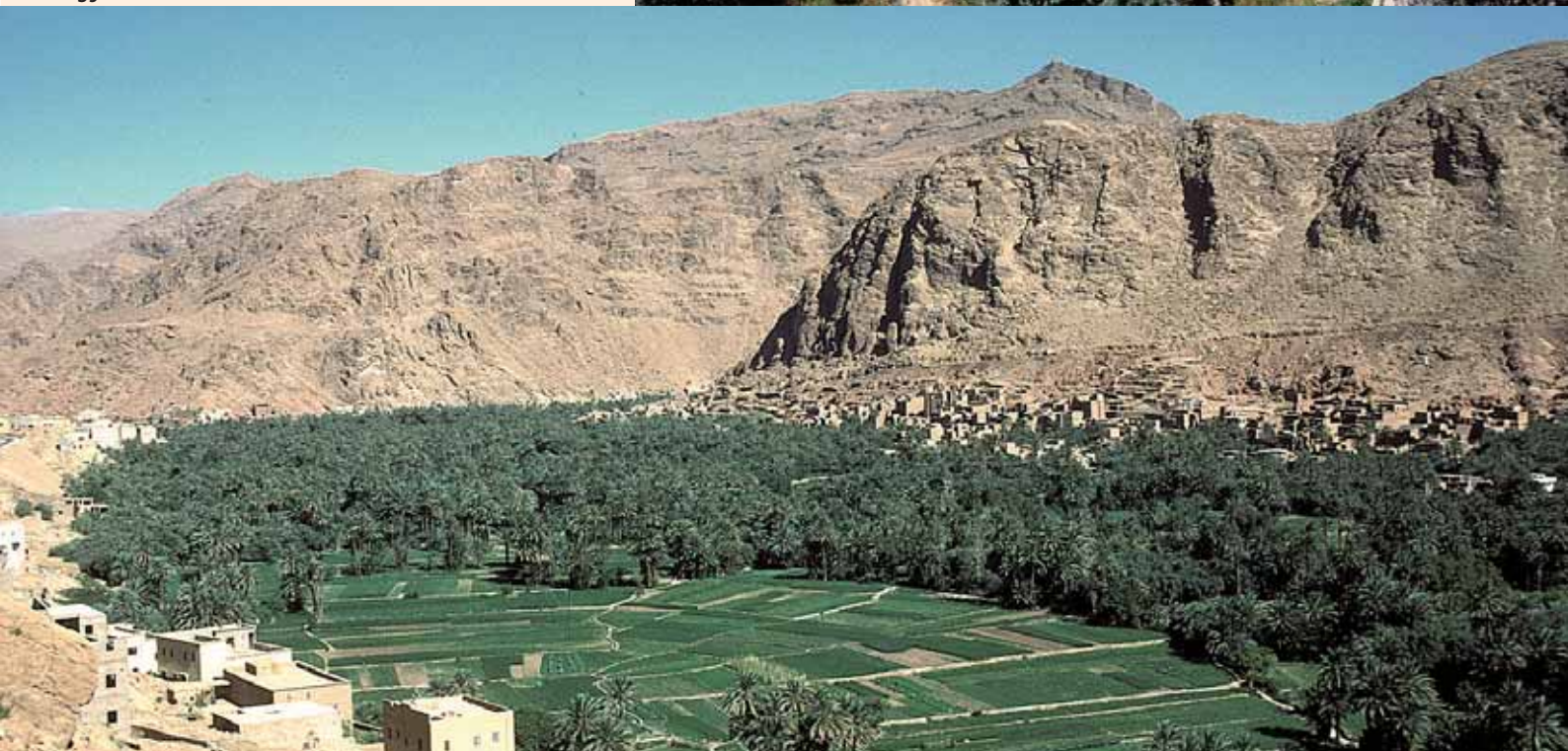
36. Briques traditionnelles
pour la construction, *Ladakh*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

37. Ouvriers travaillant
aux fondations d'une maison,
Phyang, *Ladakh*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

38. Habitations troglodytiques,
Cappadoce, Turquie
© Michel Le Berre

39. Oasis et cultures irriguées,
Vallée du *Draa moyen*, Maroc
© Michel Le Berre

38



- Ils découvrent qu'il est constitué de **sédiments** produits par la dégradation de la roche qui forme le relief : pierres, cailloux, sable, limon, argile.
- Ils comparent la haute altitude avec des éboulis par gravité, des sols nus où la matière du sol est quasi inexistante et se réduit à des produits de dégradation de la roche par l'eau, le vent et l'alternance du gel et du dégel, avec des dépressions situées plus bas où le dépôt du sol s'épaissit.
- Ils font bien la différence entre d'une part :
 - Les sols trouvés en basse altitude, souvent humides, enrichis d'**humus** (le produit de la décomposition des matières organiques animales et végétales) où parallèlement vers de terre, racines abondantes, micro-organismes et végétation encore vivants attaquent la roche mère, constituant **l'érosion biochimique**.
 - Et des sols en haute altitude, minéraux et bruts d'érosion de la roche, réduits à un mince placage sur des champs de blocs ou à une ébauche de matière dans les fissurations de la roche (là où poussent les plantes accrochées aux rochers).

3. Mettre en relation le sol et le relief et se situer dans le paysage

- Ensuite, toujours à plusieurs niveaux sur la pente, les élèves repèrent un endroit d'où l'on peut observer le relief dans la distance.
 - Ils établissent une relation optique, physique, entre le sol sous leurs pieds et le relief au loin en pratiquant des interventions éphémères dans le paysage.
 - Ils manipulent la matière minérale et réalisent des sculptures à partir d'assemblages de pierres ou de sédiments (tumulus, cairns, cercles); ils tracent également des figures grâce à l'empreinte de leurs pas.
 - Le professeur les entraîne à établir un jeu d'échelles (échelle humaine, échelle naturelle) entre leurs interventions et le paysage :
 - Une pierre redressée ou un tumulus artificiel hauts de quelques dizaines de centimètres peuvent reprendre la forme du relief dans la distance.
- Ainsi, disposées au premier plan pour celui qui regarde, avec le relief en toile de fond, ces créations apparaissent aussi importantes en taille que le relief à l'arrière-plan et reprennent son aspect, sa texture. L'association est saisissante !
- Une ligne droite tracée en frottant les pieds sur un sol plat et située dans l'axe d'un relief peut, par la perspective, établir un lien entre celui qui regarde debout sur le sol et le relief au loin, entre échelle humaine et échelle du paysage, liant aussi le sol et la forme verticale du relief.
- Ces sculptures ou dessins artificiels ajoutés au paysage sont aussi la trace de réalisations humaines dans de vastes étendues naturelles. Une façon pour les élèves de capter deux formes d'action ou de création, humaine et naturelle, et de faire partie du paysage.

4. Repérer les traces de l'érosion hydrique sur le versant

- Lors de l'observation des sols à plusieurs niveaux sur la pente, les élèves ont pu constater l'influence prépondérante de l'eau – sous diverses formes y compris neige et glace – dans la constitution des sols. Qu'elle cause des **avalanches**, désagrège des roches, ouvre des **cirques glaciaires**, cause des éboulis par gravité, un ruissellement concentré, un lessivage des sols, trace des sillons et des cannelures profondes ou constitue des cônes de déjection, l'action de l'eau fait constamment évoluer le versant d'une montagne.
- À ce stade, le professeur rappelle ce qu'est **l'érosion** : l'action d'usure et de transformation de la surface terrestre par divers agents comme l'eau, le vent, la glace, la chaleur et les racines.
- À plusieurs niveaux sur la pente, il attire l'attention des élèves sur l'action de l'eau par le gel et la glace, par la neige au sol, par la pluie, l'eau de **ruissellement**, l'érosion torrentielle.

Exemple :

Il peut montrer l'action du gel par :

- l'éclatement d'une roche granitique (le gel dilate les fissures emplies d'eau provoquant un écaillage de la roche);
- l'empâtement de roches meubles qui provoque une coulée de boue;

40. Bassin de réception d'un torrent,
région de *Château d'Oex*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



- la formation d'un abri sous roche avec excavation d'une roche poreuse, sensible au gel, sous une couche de roche plus résistante.

Il peut également montrer l'action de la glace par l'impact d'un glacier sur l'ensemble du paysage dessinant souvent une vallée en « U » arasée en son fond par les gros blocs drainés par le glacier.

5. Dessiner

- Les élèves prennent plaisir à repérer les traces les plus significatives du travail de sculpture qu'exerce l'eau sur le paysage.

Souvent les exemples ne manquent pas et, selon le lieu et le contexte où les élèves se trouvent, ils peuvent, munis d'un carnet de croquis :

- Dessiner les arêtes déchiquetées des sommets sous l'action du gel ;
- Saisir le détail d'un rocher découpé jusqu'à l'infini en une multitude de micro-faces ou micro-arêtes toujours par **gélivation** ;
- Capter encore la morsure du gel sur des roches friables comme le calcaire, créant des **pierriers** isolés aux lignes pures ;
- Croquer les excentricités du relief par dénudation formant des flèches ou des aiguilles comme le Mont Cervin en Suisse cerné par l'érosion de nombreux cirques glaciaires ou des **cheminées de fées** causées par l'érosion mécanique de la pluie sur des roches meubles créant des colonnes effilées surmontées d'une pierre qui les protège tel un parapluie.
- Dessiner les sillons des eaux de ruissellement : les ravines sur les roches argileuses confluent généralement dans le **bassin de réception** d'un torrent ou les **lapiatz** : véritables cannelures (profondes parfois de 10 m), sans cesse approfondies par l'eau sur les plateaux calcaires. Pour représenter ces terrains ciselés, les élèves opteront pour le contraste de tons (clair/foncé ; bosse/interstice ; face au soleil/face à l'ombre).

6. Interpréter les dessins et comprendre l'impact de l'érosion hydrique sur l'environnement

- Le professeur accompagne l'interprétation des dessins et explique en quoi l'érosion hydrique est une cause de la dégradation des sols, parfois stériles car soumis au gel persistant, parfois décalficiés car lessivés par les eaux de ruissellement qui entraînent les éléments minéraux en profondeur. La roche est décapée, mise à nu ; les organismes vivants sont rares.



41. Bergers nomades,
lac de Thachung, Ladakh, Inde
©UNESCO/Olivier Brestin



42. Campement abandonné,
lac de Thachung, Ladakh, Inde
©UNESCO/Olivier Brestin



43. Campement de bergers nomades,
lac de Thachung, Ladakh, Inde
©UNESCO/Olivier Brestin

► Il établit une relation de cause à effet entre l'absence de végétation et l'intensité de l'érosion hydrique: Partout où la terre n'est pas protégée par la végétation, l'eau entraîne facilement les sols; plus les sols sont à nu, plus ils sont exposés aux conditions climatiques rigoureuses de la montagne, soumis à de fortes gelées ou grillés par la lumière solaire intense et donc soumis à la dessiccation.

► L'enseignant rappelle enfin le rôle joué par les hommes dans l'instabilité des sols en montagne. Les interventions humaines, lorsqu'elles ne prennent pas suffisamment en compte le contexte naturel, peuvent être dommageables pour l'écosystème et la sécurité même des hommes: Des routes ou des stations d'altitude peuvent être implantées sur des pentes jeunes, argileuses, limoneuses, très peu stabilisées.

Quand ces aménagements s'accompagnent de défrichements intempestifs ou de larges actions de déforestation et de surpâturage, les dommages infligés au tapis végétal protecteur deviennent le foyer d'une érosion active.

L'impact sur l'écosystème peut être très important, la destruction partielle du tapis végétal se transformant en ravinements généralisés, avec des risques importants de coulées de boues ou d'avalanches également destructrices pour les hommes alentour.

7. Repérer une zone de terre protégée de l'érosion

► Les élèves repèrent une zone moins nue et moins soumise à l'érosion hydrique que celles qu'ils viennent d'arpenter, par exemple à l'étage de végétation montagnard peuplé de résineux.

- Comment la zone est-elle protégée de l'eau de ruissellement?

Par la végétation, qui permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol et de migrer en profondeur afin de le fertiliser.

- Pourquoi la zone est-elle fertile? L'humus constitué d'aiguilles se décompose lentement et contribue à épaissir la matière du sol; l'humidité des premières couches de sol provoque également la migration des éléments fins et nutritifs plus en profondeur et le sol s'épaissit ainsi par accumulation.

► Les élèves étudient le sol en le creusant. Ils observent et analysent ses constituants: en plus des particules de roche meuble (sable, argile), un sol productif est constitué d'humus, de **nutriments**, d'eau, d'air, d'éléments ou organismes vivants identifiables comme les racines, les vers de terre, les détritivores et d'autres organismes invisibles comme les filaments de champignons, les bactéries et autres micro-organismes.

► Ils peuvent procéder à des prélèvements d'échantillons de sol sur les différents sites visités pendant toute la durée de l'activité. Ceux-ci sont conservés dans des récipients transparents de façon à exposer les compositions, textures et couleurs des sols en question.

► Les élèves complètent leurs prélèvements en mouillant les échantillons et en procédant à des frottages sur papier ou sur tissu de façon à bien faire ressortir les textures plus ou moins riches de ces sols divers.

04 Sur les traces de la faune sauvage

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu 
en classe
et à l'extérieur

Durée 
3 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Approcher les espèces animales dans leur contexte par l'étude des sons, le relevé d'empreintes et l'identification d'autres traces perceptibles.

2. Connaissances et compréhension

Après un point sur les caractéristiques des espèces animales dans les zones montagneuses, apprendre à utiliser le récit pour mettre en valeur la relation d'un animal à son biotope et mieux comprendre l'interprétation d'un même environnement par plusieurs utilisateurs.

Déroulement

1. Faire un premier repérage

► Les élèves sortent dans l'environnement à la rencontre de la faune sauvage.

Guidés par leur professeur et accompagnés d'un pisteur (voir ci-dessous), ils vont tenter une approche discrète, découvrir la technique de l'affût (qui nécessite une longue maîtrise de soi, sans bruit ni mouvement intempestif) afin de surprendre les espèces en situation et d'être au plus près d'une observation sur le vif.

La classe privilégie le moment de la fonte des neiges et du début du printemps pour réaliser cette activité car après les longs mois de privation de l'hiver rigoureux, les animaux sortent volontiers au grand jour et sont donc plus susceptibles d'être observés, même de loin, à l'aide d'une longue-vue ou d'une paire de jumelles.

Remarques :

La période de la fonte des neiges en haute altitude est également intéressante car dans ces milieux ouverts, au-dessus de la limite de la forêt, les plaques de neige restantes sont des terrains à empreintes qui constituent autant d'indices d'une activité cachée que les élèves apprennent à interpréter.

Les plaques de neige éparées permettent d'identifier les contrastes de micro-milieux de l'étage alpin où se juxtaposent les arêtes sur lesquelles la neige ne se dépose jamais et les **combes** à neige ou les **névés** encore plongés dans une atmosphère hivernale. Ces micro-milieux fournissent une multiplicité de conditions de vie sur un espace assez restreint, offrent autant d'habitats pour les animaux ainsi qu'un espace d'exploration captivant pour les élèves.





44

44. Harde de chamois,
Montagnes Rocheuses, USA
© Steve Estvanik

45. Paire de bouquetins,
Parc national de la Vanoise,
Alpes, France
© Floconagile

46. Bouquetin dans les alpages,
région de Chamonix, Alpes, France
© Racahout



46



45

► Les élèves vont à la rencontre des espèces sauvages à des heures différentes : tôt dans la matinée ou plus tard dans la journée quand le soleil printanier réchauffe la montagne.

Avec leur professeur, ils choisissent des conditions atmosphériques variées comme une belle journée entrecoupée de giboulées printanières dans les régions tempérées ou une journée fraîche mais agréable, typique des courtes saisons de transition dans les régions arides froides (Himalaya, Patagonie).

► Ils relient naturellement l'observation à l'écoute et, si possible munis d'un magnétophone ou d'un microphone, procèdent à des enregistrements de l'ambiance du milieu et des sons des animaux.

Si les conditions de l'enregistrement ne sont pas réunies, on peut se limiter à des séances d'écoute.

Exemple :

Ils peuvent ainsi surprendre et écouter :

- les bourdonnements des transporteurs de pollen comme ceux du bourdon alpin revêtu de sa fourrure ébouriffée ;
- les cris agités de la parade nuptiale de nombre d'oiseaux comme le lagopède ou le tétras-lyre en les différenciant de leurs cris d'alarme sonores et râpeux ;
- les cris d'alarme des marmottes en Asie, en Europe, en Amérique du Nord ;
- le bêlement de jeunes bouquetins plus tard dans la saison, qu'ils soient des Alpes ou du Pamir, qui se signalent par des bruits de gambade, de joutes feintes ou réelles et par les déplacements sonores des hardes.

► Après plusieurs séances, mieux aguerris à la technique de l'enregistrement, les élèves utilisent, si leur école en est dotée, du matériel plus sophistiqué afin d'étudier la fréquence des sons ou procéder à des micro-enregistrements. Ceux-ci s'effectuent au sol, dans les arbres, en privilégiant par exemple la zone de limite de la forêt où se rencontrent la faune de la ceinture forestière et celle de l'étage alpin.

Quelle joie ! ... si après beaucoup de concentration, on saisit et enregistre le passage rapide d'un rongeur, le battement d'ailes d'un oiseau, les échos d'une bataille de rapaces et de corvidés (aigle, chocard, grand corbeau) qui peuvent se disputer des proies ou la possession de l'espace.

► Analysant les séances d'écoute, les élèves identifient les espèces à partir de leurs cris et tentent d'associer ces cris à une situation :

► Ils observent, écoutent et interprètent de petits événements, les moments révélateurs du comportement d'une espèce comme la chasse de l'aigle ou la fuite devant le danger d'une harde de caprinés (chamois, isards, bouquetins, chèvres des Montagnes Rocheuses).

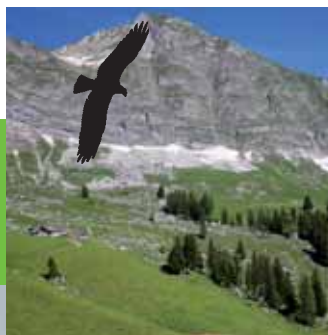
► Ils repèrent ainsi l'aigle qui glisse sans bruit, dominant son territoire, le bruit de soufflerie lorsqu'il se lance en piqué, les cris d'alarme perçants des mammifères au sol comme les marmottes, les mouvements furtifs ou sonores de fuite...

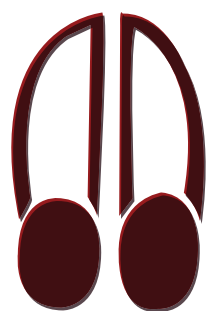
► Ils distinguent les sons différents des caprinés flairant ou fuyant le danger : du sifflement nasal du bouquetin, plutôt placide si on ne l'effraie pas, au comportement paniqué du chamois qui chuinte en piétinant et très vite émet des sifflements forts par expiration, des bêlements sourds et rauques de détresse tandis que toute la harde fuit au galop.

En quoi et comment ces cris sont-ils révélateurs du mode de vie des espèces et de leur occupation de l'espace ? Quelle est la distance de fuite de l'animal et quelle est l'étendue de son territoire ? Quel est son régime alimentaire ? Est-ce un prédateur ?

47. Urubu à tête rouge (*Cathartes aura*),
Parc national Pan de Azucar, Chili
© UNESCO/Olivier Brestin

48. Caracara huppé (*Polyborus plancus*),
Parc national Pan de Azucar, Chili
© UNESCO/Olivier Brestin





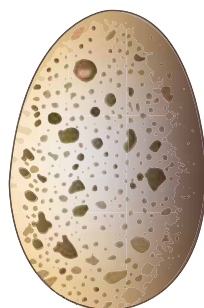
Cerf



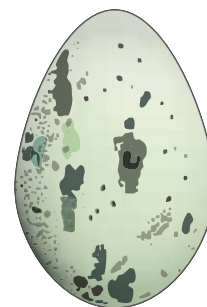
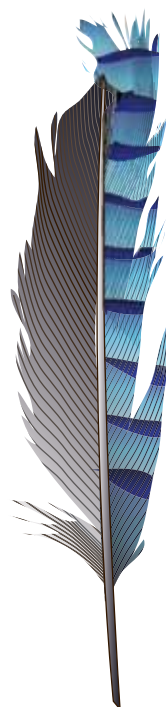
Renard



Lapin



Tétras-lyre



Geai des chênes

2. Identifier les empreintes animales

► Pour cette partie de l'activité, il est vivement recommandé à l'enseignant de solliciter l'assistance d'un pisteur habitué à interpréter les empreintes laissées par les animaux sur la neige ou dans les endroits humides. Ces traces sont de véritables « signatures » sur la pellicule de neige, des indices d'une activité qui persiste malgré le froid de la haute altitude.

Les élèves mènent l'enquête, guidés par le pisteur.

► Ils repèrent d'abord dans la neige ou près d'un torrent les empreintes fraîches ou gelées des animaux typiques de l'altitude, parfois des espèces **endémiques**.

Exemple :

Avec l'assistance du pisteur, la classe apprend à distinguer les empreintes des oiseaux des régions tempérées : celles du bec-croisé ou du casse-noix qui résistent au grand froid mais, du fait de leur régime de graines de conifères, descendent jusqu'à la limite supérieure des forêts ; celles du lagopède, oiseau marcheur, qui sont très reconnaissables et repérables car il ne quitte pas vraiment les **moraines** et pierriers dégagés de la haute altitude ; ensuite, également reconnaissables, les empreintes d'autres familles d'espèces de la très haute montagne dont le lièvre variable avec ses interminables pattes arrière munies d'ongles solides.

► Le pisteur entraîne les élèves à identifier les empreintes encore plus précisément en distinguant par exemple deux herbivores ruminants au sein de la même famille d'espèces ; il peut s'agir d'un céphalophe et d'un guib en zone tropicale humide africaine, d'un yack sauvage et d'une gazelle du Tibet dans l'Himalaya, d'un chamois et d'un bouquetin dans les Alpes.

► Avec ces deux derniers par exemple, il est intéressant de différencier la taille des coussinets plantaires qui adhèrent au sol, la longueur des sabots creux antérieurs dont l'écartement est limité ou non par une cloison interdigitale : le chamois utilise ses sabots dotés de membrane comme des raquettes dont les traces sont visibles sur les pentes neigeuses et les **névés** alors que le bouquetin dont le sabot est démuné de membrane s'enfonce ou s'affaisse de façon caractéristique dans la neige grasse. Souvent blessé sur la glace, il préfère le rocher et s'éloigne des **combes** et des névés.

► Une fois qu'ils se sont familiarisés avec les empreintes grâce aux compétences du pisteur, les élèves réalisent des esquisses rapides de celles-ci dans leurs carnets de croquis.

► Ils soulignent bien le détail graphique de chaque empreinte (traces en étoile des oiseaux, traces rondes des canidés comme le renard, traces allongées des pattes arrière de lièvres ou de lapins, traces traînantes des insectes).

► Ils consolident par le dessin leur identification des empreintes : aspect général, sabots ou griffes, et mémorisent le nombre et la disposition des pelotes et coussinets selon les espèces.

Exemple :

Le blaireau a 5 pelotes serrées, parfaitement alignées en demi-cercle, surmontées de longues griffes.

► La classe décèle ensuite les traces d'une activité animale antérieure dans la saison et repérable au moment de la fonte des neiges.

Ainsi, les gros cordons de terre ramifiés que l'on peut trouver au sol signalent la présence d'un campagnol des neiges. Celui-ci s'est acharné à refouler la terre déblayée des galeries de son terrier en se déplaçant sous la neige au contact du sol; il a pu également construire des barrages de terre pour protéger les entrées. Tout ceci est visible une fois la neige fondue. Sans oublier qu'il entretient, classe et engrange constamment et débitant ses provisions, peut les laisser sécher sur des pierres, autre trace de son affairerement constant.

3. Rechercher d'autres traces du mode de vie des espèces

► On passe ensuite à la recherche d'autres indices indiquant la présence d'une ou de plusieurs espèces et renseignant sur son mode de vie.

► L'équipe formée par le pisteuse et l'enseignant rappelle les précautions et les règles à observer pendant la découverte:

Éviter de déranger les espèces, de détruire les abris, les terriers, d'enfreindre les territoires, de détruire les espèces végétales clés constitutives de la nourriture et de l'habitat des animaux, ne pas s'approcher des couvées et des portées, ni toucher les jeunes animaux.

► En cherchant bien, les élèves peuvent trouver çà et là des déjections, des **pelotes de régurgitation**, des plumes, éventuellement des traces de lutte au sol, des fragments de coquilles, des fruits ou cônes à moitié rongés, des nids, des abris, des traces olfactives, des indices concernant le rythme biologique de l'espèce, des signes de **migration** ou de déplacement sur un territoire.

► Le pisteuse amène les élèves à observer en quoi autant d'objets et de traces peuvent être matière à indices.

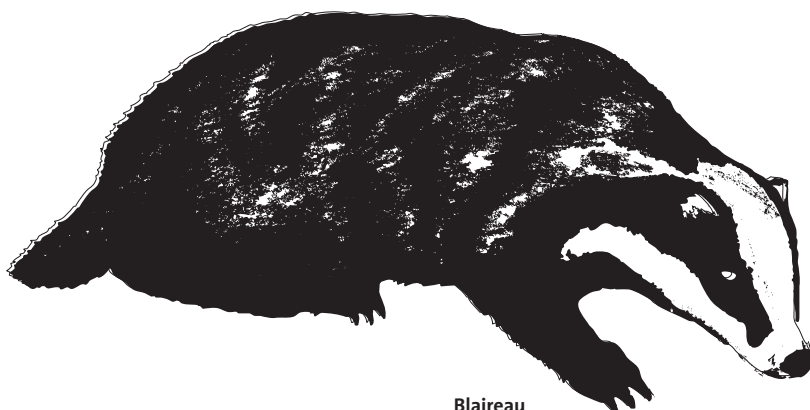
Comment permettent-ils d'interpréter le régime alimentaire, la reproduction, le territoire, la mobilité et le rapport au biotope d'une ou plusieurs espèces présentes en un lieu donné.

Exemple :

Sur les différents continents, le pisteuse pourra évoquer les multiples espèces de la famille des mustélidés, prédateurs de tailles variées, regroupant aussi bien les blaireaux, ratels, martres, zibelines, belettes connus pour dégager une odeur musquée, parfois pestilentielle (le putois) en cas d'attaque. Le pisteuse peut captiver les élèves en déchiffrant les informations contenues dans ces odeurs. Depuis combien de temps l'animal est-il passé sur les lieux visités? A-t-il occupé un terrier d'emprunt? De quelle espèce s'agit-il? Certains pisteuses sont particulièrement qualifiés: les traces olfactives permettent-elles d'identifier le sexe de l'animal, son âge?

Remarque :

Les sons et les bruits, les empreintes, les objets et les odeurs laissés derrière soi sont autant de faits qui témoignent de l'existence des espèces; ce sont des éléments intéressants à étudier, parfois graphiques, saisissants, recelant une part de mystère; mais ce sont des faits hors champ, hors vue, souvent en différé, de l'existence des espèces. Il est important à ce stade que l'enseignant ramène les élèves en classe, qu'il rassemble les informations scientifiques et les connaissances à transmettre, qu'il réunisse les pièces du puzzle et resitue chaque espèce dans la perspective de l'écosystème.



Blaireau
©Luxe (Fotolia)



Empreinte



49

49. Ours noir d'Asie (*Ursus thibetanus*),
Sikkim, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin

50. Léopard des neiges (*Uncia uncia*),
Sikkim, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



50

4. Faire le point sur la connaissance des espèces

- Après un temps consacré à la recherche de documentation issue de livres, de photos, éventuellement d'Internet (si l'école est équipée), le professeur présente les principales espèces de l'écosystème environnant.
- Il prend soin de présenter chaque espèce dans ses caractéristiques générales et dans ses adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales aux écosystèmes montagnards.

A. Les caractéristiques générales de l'espèce

- L'enseignant précise plusieurs notions fondamentales :

- Qu'est-ce qu'une **espèce** ?

Il existe plus de un million et demi d'espèces animales répertoriées sur terre et le règne animal renferme de loin le plus d'espèces.

Chaque espèce est unique comme le mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*). Chaque membre de l'espèce ne se reproduit habituellement qu'avec des membres de sa propre espèce et présente un ensemble particulier de caractéristiques physiques.

- Chaque espèce appartient à une **famille**.

Dans la classification scientifique, les êtres vivants sont rangés dans des groupes d'importance croissante qui indiquent le niveau de parenté entre les espèces différentes. Le mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*) appartient à la sous-famille des caprinés qui appartient à la famille des bovidés.

- Qu'est-ce qu'un **mammifère** ?

La famille des bovidés appartient à la **classe** des mammifères (*Mammalia*).

En dépit de grandes différences de forme, de taille et de mode de vie, la plupart des mammifères sont couverts de poils et tous allaitent leurs petits.

- Quel est le régime alimentaire d'une espèce en particulier ?

Est-ce un herbivore, un granivore, un insectivore, un **omnivore**, un carnivore ?

Exemple :

En régions montagneuses, beaucoup d'animaux mangent presque tout ce qu'ils trouvent de comestible ; ainsi la martre chasse toute la journée et mange aussi bien des souris, de petits lièvres, des écureuils que des framboises ou des mûres, le blaireau se repaît de vers de terre comme de champignons et l'ours brun des Pyrénées adapte son menu au fil des saisons ; il sera même plutôt végétarien les années humides et carnivore les années sèches.

Comparés à d'autres espèces, ces omnivores sont plus doués pour s'adapter aux changements de leurs habitats. Le hérisson par exemple, surtout insectivore, va devoir hiberner pendant des mois quand la température s'abaisse et que sa nourriture vient à manquer.

• Qu'est-ce qu'un **prédateur** ?

Un animal qui se nourrit de proies.

► Le professeur replace la prédation dans un contexte d'adaptation au milieu et de concurrence entre espèces, donc de lutte acharnée pour survivre.

C'est un mode de vie difficile qui, souvent, implique l'idée de stratégie car les proies sont toujours en alerte et s'enfuient au moindre signe de danger.

Beaucoup d'animaux sont des prédateurs.

Exemples :

Dans les montagnes d'Afrique orientale vivent quelques spécimens de léopards s'adaptant aussi bien à la forêt, à la savane, qu'à l'altitude. Cachés dans les fourrés, ils s'attaquent par surprise à des adversaires parfois redoutables comme l'antilope bongo pourvue de cornes puissantes et qui n'hésite pas à combattre pour se défendre. En régions tempérées, l'hermine que l'on trouve en montagne est très carnassière. Extrêmement souple, elle se faufile habilement dans les galeries des rongeurs, prépare ses attaques et tue ses victimes en les saignant à la nuque.

► L'enseignant enchaîne naturellement sur la notion de défense et sur les modes de protection développés par les animaux :

• La plupart tentent de fuir ou de brouiller leurs pistes.

Exemple :

Pour échapper à l'hermine citée précédemment le lièvre variable, doté de longues pattes postérieures, peut détalier à 60 km/h et, en descente, effectuer des bonds de plusieurs mètres.

L'hiver, sur la neige, alors qu'il recherche de la nourriture sur de longues distances, il n'oublie pas de brouiller sa piste, faisant mille détours et feignant de fausses directions car il se sait la proie de multiples prédateurs.

51



**Pelage et plumage changeants du lièvre variable
et du lagopède alpin selon les saisons**



- D'autres espèces (ou les mêmes) adoptent des stratégies de **mimétisme** leur permettant de se camoufler dans leur milieu et ainsi d'échapper à la vue de leurs ennemis.

Exemples :

Comme le lagopède des Alpes avec son plumage changeant, le lièvre variable connaît plusieurs mues annuelles de son pelage ce qui lui permet de mieux se fondre dans le paysage. Au printemps, sa robe est brune foncée puis il revêt un pelage de transition jusqu'à fin novembre, période où il adopte son pelage blanc immaculé qui lui sert de **camouflage** sur la neige.

De même le plumage d'automne du lagopède est gris et le confond aux pierres et aux herbages avant de devenir blanc pur sur la neige.

- Plus largement, l'enseignant invite les élèves à s'interroger sur les relations liant les animaux entre eux ou les espèces entre elles.

- Certains animaux sont dits « sociaux ». Ils vivent avec leurs congénères en troupes, hardes ou clans. Ainsi groupés, il est plus facile de trouver de la nourriture, d'élever les petits, de repérer les prédateurs en s'entraïdant ou en se répartissant les tâches.

Exemple :

La vie d'une harde de chamois est rythmée par des phases ; après la mise bas, la harde est constituée de femelles et de chevreaux auxquels se joignent les chamois nés l'année précédente. Alors qu'elles surveillent leurs petits qui s'initient à des jeux physiques, les mères sont spatialement regroupées, voire solidaires pour prévenir du danger.

- Les animaux entretiennent de multiples relations « fonctionnelles » avec les autres espèces qu'elles soient animales ou végétales.

- L'enseignant, à ce stade, introduit les associations interspécifiques dans les cas de **mutualisme**, de **commensalisme** et de **parasitisme**.

- On parle d'assistance mutuelle entre deux espèces ou de mutualisme quand la relation est fondée sur une coopération à bénéfice réciproque.

Exemple :

La fourmi des bois qui apprécie les déjections sucrées du puceron maintient propre l'habitat de ce dernier.

- On parle de commensalisme quand l'espèce hôte d'une autre espèce lui fournit une partie de sa nourriture sans contrepartie.

Exemple :

Les mouches qui pullulent dans les aires d'aigle tirent profit des proies du rapace et des restes du repas des aiglons.

- On parle de parasitisme entre deux êtres vivants quand le parasite tire profit de son hôte en vivant à l'intérieur ou à l'extérieur de lui et en s'en nourrissant. La relation est destructrice pour l'hôte.

Exemple :

Le pou exploite l'aigle en se nourrissant de son sang.

B. Les adaptations physiques et comportementales des espèces dans un écosystème montagnard

L'enseignant présente les animaux comme étant confrontés à plusieurs soucis majeurs :

- Résister au froid et à la diminution de l'oxygène en altitude ;
- Supporter des vents violents ;
- Faire face à la raréfaction de nourriture.

Au fil du temps, les espèces ont développé de multiples stratégies de tolérance ou d'évitement afin de s'adapter aux intempéries, aux très basses températures, au gel, à un hiver long et enneigé qui fige et recouvre la végétation.

- L'enseignant met d'abord en valeur les **adaptations anatomiques et morphologiques** des espèces pour résister au froid, à la baisse de pression atmosphérique et à la vie en altitude :

- La plupart des animaux sont dotés de vastes poumons où le sang et l'air ont un contact facilité permettant de mieux respirer malgré la raréfaction de l'oxygène.

Exemple :

Les aigles, dont les besoins énergétiques sont très importants pour voler dans les courants ascendants sont dotés d'appareils circulatoires et respiratoires exceptionnels.

- Tout en étant plus gros que leurs homologues des plaines, les animaux montagnards ont des extrémités plus petites : oreilles, museaux, parfois pattes, afin de limiter les pertes de chaleur.

Exemple :

Le lièvre brun a des oreilles beaucoup plus longues en proportion de son corps que le lièvre variable.

- Pour survivre sur les versants rocheux dénudés et à pic, beaucoup d'animaux ont un sens de l'équilibre et une aisance facilités dans les rochers grâce au développement de leurs pattes.

Exemples :

Les épais coussinets des pieds assurent à la panthère des neiges comme au bouquetin de l'Himalaya une bonne adhérence aux parois et s'accompagnent chez les caprinés d'ergots proéminents situés derrière les sabots qui jouent le rôle de freins.

- L'enseignant enchaîne ensuite avec les **adaptations physiologiques** des espèces afin de réduire les pertes calorifiques et de résister au gel :

- La plupart des insectes vivant en haute altitude adoptent des colorations sombres ; leur corps très souvent noir leur permet une meilleure absorption des rayons calorifiques solaires.

Exemple :

C'est le cas des charançons ou des nébrias qui sont noirs et aplatis, réfugiés sous les pierres accumulatrices de chaleur.

- Les mammifères montagnards sont dotés d'un pelage ou d'une fourrure au fort pouvoir isolant tandis que le plumage des oiseaux est plus fourni et lui aussi plus isolant.

Exemple :

Le plumage du lagopède peut même recouvrir ses pattes et ses doigts qui normalement chez les oiseaux sont des parties du corps nues.

- En altitude, les mammifères renforcent encore l'effet de protection de leur pelage en se fabriquant une couche de graisse sous-cutanée qui renforce également leur résistance au froid.

Exemple :

Les marmottes se gorgent de nourriture avant leur période d'hibernation ce qui les enrobe d'une couche adipeuse.

- La plupart des hibernants vont ainsi survivre au long hiver grâce à la combustion de leurs réserves de graisse.

En fonction de l'abaissement des températures, le cerveau sécrète une hormone qui permet aux organismes de libérer de l'énergie, d'extraire de petites quantités de substances nutritives des tissus de réserves.

Exemple :

C'est le cas pour les loirs, lérots, hamsters, muscardins, marmottes qui entrent en léthargie pendant des semaines, voire des mois.

- Certains animaux, des insectes en particulier, supportent le froid en se laissant durcir la nuit par le gel. Leurs substances corporelles comprennent un antigel chimique qui leur permet de survivre à des températures de - 30°C sans que des cristaux de glace se forment dans leur organisme.

Exemple :

C'est le cas des collemboles que l'on trouve jusqu'en Antarctique.

- Lorsque la nourriture devient rare et difficile d'accès, les vrais hibernants fuient le froid dans un long repos à l'abri dans un terrier sous la neige (qui joue aussi un rôle de couverture isolante). Chez ces animaux, le ralentissement du métabolisme de l'organisme est lié à l'abaissement de la température extérieure. Le cœur ralentit, la respiration s'espace, l'animal plonge dans un long sommeil durant lequel il va survivre grâce à ses réserves graisseuses.

Exemple :

La marmotte hiberne ainsi près de 6 mois et respire moins en 1 mois d'hibernation qu'en 2 jours d'éveil.





52. Marmottes de l'Himalaya (*Marmota himalayana*),
Saboo Pulu, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



53. Marmotte alpine (*Marmota marmota*),
Cirque des Bouttières, Mézenc, France
© Michel Le Berre

Il s'agit là d'une vraie stratégie d'évitement des basses températures.

- Beaucoup d'animaux d'altitude étalent leur cycle vital sur plusieurs années.

Le temps de croissance se rallonge; ainsi le stade « têtard » d'une grenouille qui dure de 2 à 3 mois en plaine peut être de 2 à 3 ans à l'étage alpin.

Et le cycle de reproduction lui-même est rallongé tandis que les pontes ou les mises-bas s'espacent.

Exemple :

La gestation d'un embryon de salamandre peut durer de 1 à 3 ans selon l'altitude et le développement des larves se fait directement dans le ventre maternel plutôt que dans un œuf préalablement pondu.

► En dernier lieu, l'enseignant éclaire les **adaptations comportementales** des espèces à l'écosystème montagnard en particulier lorsqu'ils sont confrontés aux intempéries, surtout aux vents violents, et que les possibilités de s'abriter sont réduites voire inexistantes :

- Les animaux dotés de pelage ou de plumage épais se tiennent face au vent, poils et plumes plaqués le long du corps.

Exemple :

Si la neige se mêle au vent, le lièvre variable se laisse ainsi recouvrir et se trouve naturellement « protégé » par la neige comme dans un igloo qu'il maintient aéré par le haut grâce à son haleine (sorte de cheminée d'aération).

- Les oiseaux migrateurs évitent tout simplement de voler en haute altitude et d'être entraînés dans les courants d'air froid.

Exemple :

Les passereaux franchissent les chaînes montagneuses en utilisant les cols et les vallées.

- De la même façon, encore accrue, les insectes rasent le sol et évitent de prendre l'air. De ce fait, ils sont moins emportés par les rafales.

Exemple :

Les criquets et sauterelles de l'étage alpin se traînent et sautillent dans les herbages.

Leur adaptation comportementale pourrait favoriser leur transformation anatomique puisque la plupart de ces insectes, à une certaine altitude, sont totalement démunis d'ailes. Ils perdent donc la faculté de voler.



54



55

5. Examiner un animal dans l'environnement et rédiger des notes

► Pour clore l'activité, l'enseignant lance une nouvelle phase d'observations des espèces locales. Il propose aux élèves de retourner sur le terrain et d'étudier une espèce de leur environnement (domestiquée ou non).

Chacun choisit un animal qu'il observe attentivement pendant plusieurs jours.

► L'élève repère ses allées et venues, son comportement dans le milieu, ses réactions aux événements et prend des notes. Ses notes peuvent s'accompagner de dessins, d'esquisses rapides. L'objectif n'est pas de « faire beau », de produire des esquisses accomplies, mais plutôt de saisir un geste, une attitude.

► Dans tous les cas, les notes qu'il prend sont descriptives, elles rendent compte de l'acuité de son regard.

Exemple: le bouquetin des Alpes (*Capra ibex*). Selon les régions, il pourra s'agir du bouquetin du Caucase en Eurasie, du bouquetin de Nubie en Afrique, des bouquetins ibériques...

- Ses yeux sont dorés, ses cornes immenses;
- Ses mouvements sont lents, ce qui lui donne un air souverain;
- Il est plutôt indolent, moins vif que le chamois, mais doté d'un sens de l'équilibre très développé et prémuni contre le vertige;
- Il vit au-dessus de la limite des forêts;
- Il ne quitte cette zone qu'au printemps parfois, lorsqu'affamé, il recherche de jeunes pousses;
- Il affectionne le rocher, les parois les plus escarpées et ensoleillées; il aime paresser au soleil...
- Plus la couche de neige est mince, plus il peut atteindre la végétation basse qui constitue sa nourriture : lichens, trèfles, sainfoins, alchémilles, gémépis avec un goût marqué pour les fétuques alpines, un genre de graminées (*Poaceae*).
- Au printemps et en été, il goûte sans limite aux pelouses herbeuses et aux herbages et peut avaler jusqu'à 20 kg d'herbe quotidienne;
- Il lèche du sel aux salines naturelles où il rejoint le chamois qui lui cède la place;
- Quand les mâles se battent pour saillir les femelles (à l'époque du rut), ils entrechoquent leurs cornes de face, l'un cherchant à jeter l'autre à terre et à prendre l'ascendant;
- Un mâle dominant sort vainqueur mais sa suprématie est sans cesse remise en question pendant le rut;

- Le combat s'arrête généralement avant que de graves blessures ne surviennent;
- Peu de carnassiers le menace car il est le plus grand mammifère sauvage survivant dans les régions alpines; il est cependant plus menacé dans le Caucase où les carnassiers comme l'ours brun, le loup, le lynx ou le léopard sont plus courants.
- Dans les Alpes, son seul véritable ennemi est l'aigle royal qui enlève ses petits.

6. Construire le récit de la vie d'une espèce animale

► De retour en classe, les élèves vont chacun à leur tour, « faire parler » une espèce à travers des récits qu'ils inventent spontanément.

Chacun choisit l'espèce qu'il souhaite personnifier et se projette en situation.

Exemple:

« Je suis un yack sauvage. Je suis le maître incontesté des hautes steppes du Tibet. Je suis bien plus sauvage et impressionnant que mon cousin le yack domestique, je peux charger les hommes avec mes cornes recourbées à leur pointe. Emmittouflé dans ma fourrure hirsute et épaisse, je passe l'hiver dans des champs de neige à parfois 6000m. Quand une tempête de neige se déchaîne, je tourne le dos au vent, les poils de mes flancs protègent alors ma tête baissée, et j'attends que cela se passe... ».

► Cet exercice permet de fixer les connaissances transmises. L'élève s'approprie d'autant plus le savoir qu'il passe par l'intériorisation, le ressenti, par la voix et le corps.

Lors de ces récits, il ne s'agit pas de mimer des situations mais de se laisser aller à imaginer dans le cadre fixé par les connaissances transmises et de mettre en valeur la relation d'un animal à son biotope.

Comment un même environnement peut-il être perçu et interprété par différents utilisateurs? Quels sont les rythmes observés et les difficultés rencontrées par l'espèce animale dans son environnement montagnard?

► Les récits s'enchaînent, les exemples se multiplient, les points de vue alternent à travers les personnifications et permettent de mesurer la somme des usages de l'environnement pratiqués par les espèces animales.

56



56. Cornes de chèvres près d'un campement, lac de Thachung, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

57



57. Antilope bongo (*Tragelaphus eurycerus*),
© David Davis

58



58. Chèvre à Sand Dunes, près de Diskit, Karakorum, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

05

La fresque de l'écosystème

Niveau

avancé



Lieu

en classe
et à l'extérieur

Durée

4 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Représenter l'écosystème comme une unité fonctionnelle en dessinant au sein d'une grande fresque colorée plusieurs communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes en interaction avec leur environnement non vivant.

2. Connaissances et compréhension

À partir de la fresque réalisée, appréhender les logiques de fonctionnement de l'écosystème à travers les notions d'interdépendances entre espèces, de réseaux trophiques et de succession écologique.

Déroulement

1. Choisir deux zones de l'environnement où la diversité biologique est importante

► La classe parcourt longuement la montagne et détermine deux zones représentatives de l'écosystème.

L'enseignant guide la compréhension :

Le relief se dresse, impose une structure spatiale verticale à l'écosystème, capte et infléchit les vents et les précipitations en fonction de ses irrégularités. L'écosystème montagnard est cependant perceptible grâce aux plantes.

Les plantes représentent l'essentiel de la biomasse, elles se répartissent différemment selon l'altitude, fondent des communautés vivantes qui participent à l'écosystème et révèlent ses rythmes temporels à travers les saisons.

► Les élèves choisissent donc deux zones différentes du point de vue de la couverture végétale si possible une zone de végétation naturelle (écosystème naturel) par opposition à une zone de cultures (écosystème semi-naturel, en partie déterminé par l'activité humaine).

Exemples :

Dans les régions tempérées d'Europe, il peut s'agir d'une zone de culture d'altitude (orge, blé, avoine) et de la zone de transition ou **écotone** entre forêt et pelouse alpine, située au-dessus de la limite de la forêt avec ses peuplements épars d'arbrisseaux nains ou de landes à rhododendrons. En Asie centrale, il peut s'agir d'une zone d'arboriculture fruitière dans les oasis de montagne et d'une zone de steppe d'altitude avec ses immensités herbeuses.

2. Repérer les deux zones représentatives de l'écosystème dans le contexte élargi du paysage

► Il est important à ce stade que les élèves puissent resituer les deux zones choisies dans le contexte plus vaste du paysage.

Comment deux unités de l'écosystème, caractérisées par les espèces qui y vivent, s'intègrent-elles dans une grande unité de paysage définie par le relief et sa formation ?



59

59. *Rhododendron campanulatum*,
près du lac Tsomgo, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



60

60. Cueillette du thé,
Happy Valley Tea Estate, Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



61

61. *Rhododendron hodgsonii*,
près du lac Tsomgo, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



62

62. Fleurs de *Rhododendron hodgsonii*,
près du lac Tsomgo, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

► Pour cet exercice, l'enseignant encourage les élèves à prendre du recul, à rechercher un point de vue, qu'il soit distant sur le versant en face ou surplombant car situé plus haut sur le massif. Comment le paysage est-il construit par le relief? Des contreforts montagneux ou rocheux ferment-ils la ligne d'horizon? À quelle distance? Se situe-t-on sur un replat, situé à plusieurs centaines de mètres au-dessus des vallées environnantes?

Se situe-t-on au contraire au creux d'un vallon, face au déploiement d'une vallée en «V», d'une vallée en «U» ou au creux d'une crête dont la jonction des flancs opposés forme un col?

► Les élèves se lancent dans une série de croquis afin de saisir la structure physique du paysage constituée d'éléments linéaires et plans.

► Par leur dessin, ils segmentent le paysage en diagonales, puis en lignes verticales donnant la hauteur et les dénivelés et en horizontales et obliques donnant le détail de la surface.

► Ils localisent les deux zones représentatives de l'écosystème. Sont-elles situées sur un versant? Au sommet d'un plateau? Sont-elles nichées au creux d'un vallon? Où est le Nord? Le Sud? De quel côté le soleil se lève-t-il?



63



64

L'une des zones choisies est-elle soumise à un intense rayonnement solaire? Est-elle située sur l'**adret** ou versant exposé au soleil qui s'échauffe et s'assèche très vite par beau temps? Ou sur le versant peu exposé ou **ubac** qui tend à rester frais et à conserver l'humidité?

L'une des zones choisies est-elle plus humide que l'autre? Quelle présence de l'eau? La zone se situe-t-elle à une altitude moyenne (zone forestière) qui correspond au maximum de pluviosité? Baigne-t-elle parfois dans une « mer de nuages »? Connaît-elle des brouillards fréquents, des rosées matinales dues à la condensation de l'humidité au contact des plantes froides?

Est-elle traversée par de l'eau vive? Par l'eau de fonte, par un torrent, des cascades que chaque orage vient renforcer?

Ces annotations sont précieuses et vont servir à l'élaboration de la structure d'ensemble de la fresque.

3. Dessiner une première silhouette du paysage

► De retour en classe, les élèves utilisent plusieurs pans de papier juxtaposés horizontalement. Ceux-ci sont fixés au mur. La fresque va donc se déployer de gauche à droite en une lecture progressive «format paysage».

► À partir des informations captées sur les sites (croquis, photos, vues d'ensemble), la classe dessine une première silhouette du paysage qui va servir de cadre général pour bien repérer les deux zones de l'écosystème choisies.

Ce dessin occupe la partie latérale gauche de la fresque, «l'ouvre» en quelque sorte. Il situe les points cardinaux, les principaux éléments du relief, la ligne d'horizon, l'eau sous ses diverses formes et donne une unité d'ensemble à la représentation de l'écosystème. Celui-ci ne peut pas être résumé à une ou plusieurs unités séparées dans l'espace, mais doit être évoqué comme un ensemble, un complexe d'écosystèmes en interrelation dans le paysage.

► Les élèves prennent le temps de colorier ce dessin général et indiquent par deux flèches la localisation des deux zones étudiées.

► À côté de ce dessin vont se déployer en gros plan et en détail les représentations successives des deux zones choisies comme deux agrandissements, deux loupes sur l'écosystème.

L'idée de choisir deux zones (naturelle et cultivée) permet de signifier qu'en des points différents du paysage, l'écosystème prend des formes différentes mais fonctionne selon le même principe.

► En préalable à ces représentations, l'enseignant invite les élèves à observer scrupuleusement les milieux choisis.



65



66

4. Examiner chaque zone dans le détail

- Les élèves font un inventaire des espèces qui déterminent la composition de la biocénose pour chaque zone.
- Ils repèrent les espèces **remarquables** de chaque type de formation végétale.

Exemples :

Dans les oasis du Karakoroum pakistanais implantées sur les cônes de déjection à une haute altitude, les plantations d'abricotiers dominent souvent, associées à des espèces de pommiers sauvages.

Des espèces d'arbres pionniers comme le mélèze et l'arole ou pin cembro forment les derniers groupes d'arbres disséminés de la « zone de combat » dans les massifs européens alpins. À cette altitude (2100 m environ), ils font face au déchaînement des éléments naturels comme les bourrasques de vents froids et violents.

- L'enseignant encourage les élèves à dialoguer avec des personnes-ressources (bergers et forestiers en priorité), détentrices d'une grande part du savoir environnemental.

Quelles sont les plantes **compagnes** qui cohabitent avec les espèces remarquables vues précédemment ?

- Les élèves, guidés par leurs pairs et l'enseignant, apprennent à identifier et à reconnaître les espèces sur le terrain.

Exemple :

À la limite supérieure de la forêt dans les montagnes européennes, les mélèzes et aroles se regroupent encore densément et cohabitent avec des arbrisseaux comme la myrtille ou l'airelle rouge et des espèces herbacées comme l'homogyne alpine (*Homogyna alpina*) et le géranium des bois (*Geranium sylvaticum*).

En s'élevant encore, l'écotone entre forêt et pelouse alpine devient un jardin odorant avec la lande à rhododendrons dont le rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*) qui sécrète un liquide toxique ressemblant à de l'oxyde de fer, associé à des plantes en épis comme les lycopodes (*Lycopodium alpinum*) ou à la luzule à petites fleurs brunes (*Luzula sylvatica*). La « rhodoraie » peut être encore parsemée de quelques rares spécimens d'aroles ou de mélèzes nains.

Plus haut, l'écotone entre forêt et pelouse alpine devient une lande à arbrisseaux que forment la camarine noire (*Empetrum nigrum*) et l'airelle des marais (*Vaccinium uliginosum*) tandis que les plantes forestières cèdent la place aux espèces clairement alpines.

- Bergers et forestiers connaissent bien les associations entre espèces des milieux évoqués.

Les forestiers en particulier se penchent régulièrement sur la « zone de combat » (ou écotone entre forêt et pelouse alpine) qu'ils s'acharnent à reboiser car elle est souvent le point d'origine de la plupart des avalanches. La zone de combat est souvent en effet artificiellement abaissée du fait de l'intervention humaine ; les aménagements touristiques de montagne bousculent les étages de végétation, détruisent les pâturages et entraînent la déforestation de larges espaces².

En reboisant vers le haut, aroles et mélèzes, même à l'état rampant ou rabougri, fixent les sols et retiennent le manteau neigeux.

► Par des anecdotes, les spécialistes de la montagne évoquent et font découvrir avec brio les habitants des diverses formations végétales, une façon très vivante de faire redécouvrir les zones choisies.

Exemples :

Il sera par exemple intéressant d'évoquer la zone de combat à travers les différentes espèces d'oiseaux qui la parcourent.

Aux confins de la forêt, les oiseaux forestiers amateurs de sous-bois lumineux qui vont rechercher encore plus de soleil et d'espace découvert, volant d'un mélèze isolé à un autre comme le pipit des arbres ou l'accenteur mouchet.

Le casse-noix moucheté est clairement associé à l'arole dont il apprécie les grosses amandes contenues dans les cônes. Il emmagasine la plupart des graines dans son œsophage et sous sa langue pour les dégorger ensuite et les enfouir çà et là en prévision de l'hiver. Les graines oubliées vont germer et assurer la propagation du pin cembro. On parle alors de **zoochorie**.

Plus haut, le tétras-lyre ou petit coq de bruyère, animal arboricole, apprécie les terrains découverts de la rhodoraie pour effectuer sa spectaculaire parade amoureuse ; il aime à se découvrir tout en jouant de la mosaïque d'abris qu'offrent les rhododendrons pour sa mise en scène.

Enfin le lagopède des Alpes ou perdrix des neiges circule lui encore plus haut dans la zone de combat, parcourant la lande à camarine noire ou raisin de corneille dont il raffole des baies et qu'il concourt à propager par ses fientes, autre exemple de zoochorie.

► Les forestiers et les bergers éclairent également les élèves sur les terrains propices à certaines espèces ; ils les entraînent à découvrir les micro-milieux abrités, les micro-milieux humides (cela est particulièrement vrai de la zone de combat qui est avant tout une mosaïque de milieux entremêlés déterminée par les aléas du relief). Ils donnent des repères aux élèves concernant l'orientation, les sources d'eau superficielles et la présence de l'eau dans le sol.



Cassenoix moucheté
(*Nucifraga caryocatactes*)
picorant
un cône de pin
cembro
(*Pinus cembra*)



67. Forêt de conifères et de feuillus,
région de *Lachung*, *Sikkim*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



68. Forêt de pins,
région de *Lachung*, *Sikkim*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

► Les élèves consignent ces précieuses indications dans leur carnet et mettent en relation les ressources et les conditions du milieu avec les espèces présentes.

Exemple :

Le mélèze n'est pas indifférent aux conditions du sol et de l'exposition.

Il redoute l'atmosphère humide et se situe en amont de la zone des brouillards (zone la plus humide des massifs). Il ne craint pas les grands froids car il perd ses aiguilles en hiver mais comme il transpire beaucoup l'été, il a de grands besoins en eau. Il s'établit donc en altitude, sur le sol relativement humide d'un espace au climat froid et sec, voire ensoleillé, ombragé l'été pour ne pas être rapidement déshydraté. L'arole lui est beaucoup moins délicat et supporte les conditions les plus rudes.

5. Intégrer des notions à partir de l'expérience de terrain

Avant la réalisation de la fresque, l'enseignant recadre par des schémas les notions issues de la reconnaissance de terrain qui précède.

A. Interaction des espèces vivantes et de l'environnement non vivant

► Le professeur peut schématiser certaines situations au tableau et capte ainsi l'attention des élèves.

► Il illustre les points suivants :

- Chaque zone déterminée supporte un écosystème au sens d'un complexe dynamique formé d'une ou de plusieurs communautés d'organismes vivants et de leur environnement non vivant.
- Les différentes espèces s'influencent les unes les autres de diverses manières et dépendent de facteurs **abiotiques**, c'est-à-dire non biologiques comme le climat et le sol.
- Ces facteurs abiotiques sont les **ressources** du milieu en eau, en lumière, en nutriments (du sol), en espace et sont aussi les **conditions** données en montagne par la température, le vent, la pluie, les variations climatiques et par la hauteur des reliefs, la raideur des pentes et l'exposition au soleil.

2. Le développement des sports d'hiver et d'été a sa responsabilité dans l'évolution des écosystèmes de montagne, mais l'abaissement de la limite supérieure des forêts est un phénomène ancien, initié en Europe à la fin du Moyen-Âge tant par les moines défricheurs que par les alpagistes qui avaient

besoin de ce matériau pour la construction de leurs maisons, leur chauffage et leur industrie. En Europe, la quasi totalité (plus de 90%) des forêts de montagne avaient disparu vers la fin du XIX^e siècle.

69



70

69. Nid de chenilles sur pruneliers (*Prunus spinosa*) et ronce (*Rubus fruticosus*), monts d'Auvergne, France
©Hélène Gille

70. Bourdon butinant
© UNESCO-MAB, R. Bill

71. Fleur d'églantier commun (*Rosa canina* L.)
©Hélène Gille



71

B. Interdépendances entre espèces et réseaux trophiques

► Le professeur peut réaliser divers schémas dont un schéma simplifié de chaînes alimentaires. Il montre par des flèches les liens entre organismes vivants servant de nourriture à d'autres organismes (cf. schéma p. 25). Les flèches sont bien dans le sens du transfert de matière et non dans le sens de la prédation.

Exemple :

Graines ► Campagnol ► Hermine

► Il peut choisir d'évoquer les points suivants :

- La plupart des espèces consomment divers types d'aliments et s'intègrent dans plusieurs chaînes alimentaires qui forment un **réseau trophique**.
 - Les diverses chaînes alimentaires commencent par les **producteurs** que sont les plantes. Grâce à l'énergie lumineuse du soleil, les plantes transforment le dioxyde de carbone atmosphérique en molécules organiques et produisent ainsi des protéines et des sucres sous forme de matière végétale utilisable par d'autres organismes (cf. Chap. 2, act. 3, p.86).
 - Les autres espèces des chaînes alimentaires sont des **consommateurs** (les animaux, les humains) qui se développent en mangeant les producteurs et d'autres consommateurs.
 - Ne pas omettre les **décomposeurs**, parmi lesquels les **détritivores** comme de nombreux insectes qui se nourrissent de matière morte qu'ils décomposent et minéralisent partiellement pour fabriquer l'humus, mélange complexe de terre et de débris animaux et végétaux, engrais naturel du sol.
 - Les **transformateurs** poursuivent le travail des décomposeurs ; ce sont les bactéries, champignons et animalcules du sol qui affinent la matière morte partiellement décomposée jusqu'à son complet retour à l'inorganique, recyclant ainsi les éléments nutritifs dans le sol.
 - Il existe d'autres interactions que les dépendances alimentaires du type « A mange B ».
- Outre le commensalisme, on a pu voir la zoochorie, à savoir la dissémination des fruits et des graines par les animaux.
- On peut citer la phorésie, le processus par lequel un animal (acariens, insectes, mollusques) se déplace d'un site à un autre porté par un autre organisme animal.

C. Succession écologique

L'enseignant peut proposer un schéma chronologique pour montrer un écosystème en développement. Cette explication, menée de façon vivante et illustrée, permet d'introduire l'idée de temps dans l'écosystème.

► Il illustre les points suivants :

- Quand un écosystème est détruit par une tempête, une succession d'avalanches ou un feu de forêt, l'environnement naturel se recrée progressivement.

Au cours d'un processus appelé **succession écologique**, différentes étapes se développent jusqu'à ce qu'une biocénose stable existe.

- Sur le sol nu, les graines transportées par le vent s'installent et germent. Ainsi, sous certaines conditions, les plantes dites « pionnières » peuvent s'épanouir ; elles n'ont à faire face à aucune compétition.

- Ensuite des plantes plus grandes s'ajoutent aux premières et les dominent. La compétition pour la lumière alimente la domination d'une espèce sur une autre : pousser toujours plus haut pour « une place au soleil ».

Les arbres finissent par devenir la végétation dominante.

- Dans les zones de forêt tropicale de montagne, à environ 1500 m, en deçà du plafond de nuages permanent, on retrouve les strates des forêts tropicales des plaines. Les arbres supérieurs dépassent de la canopée qui elle-même recouvre une strate arbustive de plantes **sciaphiles** aux grandes feuilles comme les fougères arborescentes (*Cythea arborea*) sur le mont Kenya en Afrique. La strate herbacée est toujours sombre et fraîche avec des feuilles pourrissantes rapidement décomposées.

6. Réaliser la fresque de l'écosystème

Suite à cette étape de compréhension, la classe s'engage dans la réalisation de la fresque en dessinant d'abord au crayon les grandes lignes de la zone de cultures et de la zone de végétation naturelle sur le fond de fresque.

► Les élèves utilisent tout matériel disponible : crayons de couleur, crayons gras, pastel, pastilles de peinture à l'eau, gouache, poudres colorantes.

► L'exécution du dessin est répartie entre les élèves et chacun ensuite colorie ou peint le détail qu'il a représenté.

► Les élèves se servent de la couleur comme d'un outil fondamental pour l'exécution de la fresque car elle permet d'illustrer les notions évoquées précédemment avec le professeur.

Strates
de végétation
en forêt tropicale
de montagne



Ainsi, la représentation colorée des strates de végétation éclaire la notion plus vaste de succession écologique évoquée auparavant.

Exemple :

Pour la pelouse alpine, les couleurs de la strate au sol constituée de plantes à rosette, de mousses et de lichens seront variées et la gamme des tons sera différente des couleurs de la strate aérienne composée de chaumes de graminées, de tiges et de feuilles d'espèces herbacées hautes.

Pour la forêt tropicale de montagne, la classe choisit une gamme de verts différents pour distinguer arbres supérieurs, canopée, strate arbustive et strate herbacée.

► Les élèves rehaussent les contours des végétaux dans la couleur au moyen d'un crayon à papier ou d'un pinceau fin.

► Ils utilisent également la couleur pour mettre en valeur le cycle du temps dans l'écosystème. Dans les milieux montagnards à climat saisonnier, les ressources et les conditions de l'écosystème évoluent en fonction de la période de l'année.

Plus les saisons sont marquées, plus la végétation et ses micro-mosaïques se transforment sous l'effet combiné du micro-relief et des variations climatiques dues à l'altitude.

► Les élèves peuvent montrer comment évolue une même association de végétaux au fil des saisons par la variation des couleurs.

Pour cela, ils apprennent à créer des « fenêtres » sur la fresque : ils y représentent une situation antérieure ou postérieure ou un détail rajouté et grossi sur lesquels ils veulent « faire loupe » dans un cercle séparé.

Ainsi, l'utilisation d'une « fenêtre » reliée par un trait au dessin de la fresque, permet de montrer le changement de couleur d'une même association de végétaux en fonction des saisons.

Exemple :

Dans la rhodoraie de la zone de combat, le rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*) « explose » de fleurs rouges au début du printemps alors qu'à l'automne sa couleur dominante est celle de son feuillage qui reste vert ; inversement, le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) qui lui est associé, est vert au printemps (en dehors de la période de la floraison) et rutilant à l'automne avec ses baies de couleur vermillon et son feuillage mordoré.

Ces deux situations peuvent être mises en parallèle en reliant le dessin de la fresque à celui d'une « fenêtre » rajoutée.

► La variation des couleurs permet aux élèves de représenter l'évolution temporelle de l'écosystème de façon différente.

Ainsi la succession temporelle de **synusies** désignant l'ensemble des végétaux d'une même strate se développant simultanément à une certaine période de l'année peut également être évoquée.

Exemple :

Dans les forêts tempérées à climat saisonnier, les arbres perdent leurs feuilles en automne, entrent en repos l'hiver et restent dénudés ; puis ils bourgeonnent au printemps pour retrouver un feuillage dense et épais dès la fin du printemps et durant tout l'été. Les conditions climatiques du sous-bois vont donc évoluer en fonction des saisons : de froid et lumineux pendant l'hiver et de clair et humide au début du printemps, il devient chaud et sombre avec l'été. Ces changements affectent bien sûr la végétation. Dans les régions tropicales, on observe deux saisons bien marquées en fonction de la pluviométrie (saison sèche, saison humide) et on peut représenter leur impact sur la floraison et la chute des feuilles (quand elle a lieu).

► Toujours par la couleur et l'utilisation de « fenêtres », les élèves vont illustrer la succession des différentes synusies sur le même site.

Exemple :

Dans un sous-bois des régions tempérées, on peut contempler le tapis jaune ou mauve des **géophytes** (jonquille, ail des ours, jacinthe des bois, arum) qui poussent ensemble au début du printemps et « se hâtent » de fleurir avant la pousse des feuilles. Ensuite, une fois que les arbres sont chargés de feuilles, on peut représenter le tapis vert de plantes demandant plus de chaleur comme les fougères ou les euphorbes (mercuriale, euphorbe des bois), souvent des plantes vivaces à **rosette** ou des **épiphytes** comme les mousses.



72. Pelouse d'alpage avec, au premier plan, oseille des Alpes (*Rumex alpinus*), Col du Petit Saint-Bernard, France
© Michel Le Berre

► En dernier lieu, l'ensemble de la classe met en situation les espèces animales sur la fresque. Chaque espèce est positionnée dans son milieu.

Pour les zones aux milieux variés comme la zone de combat, certaines espèces sont introduites par le biais de fenêtres grossissantes.

Les élèves dessinent d'abord les principales espèces du milieu qu'ils situent par des flèches directement sur la fresque.

Exemple :

Pour la zone de combat, le léroty (*Eliomys quercinus*) au pied d'un conifère, la fourmi rousse des bois dans son nid représenté par un monticule sur la fresque, le casse-noix moucheté (*Nucifraga caryocatactes*) au sommet d'un pin cembro, le carabe de Solier (*Carabus solieri*) resplendissant mais caché dans les touffes d'herbe ou sous les pierres à la limite de la zone des pelouses, le campagnol des neiges, rongeur appartenant à une autre famille que celle du léroty, les muridés, et situé plus haut sur le massif.

► On introduit ensuite des « fenêtres » permettant d'établir certains gros plans et de situer les espèces plus localisées.

Ainsi une fenêtre « ouverte » sur le tronc du mélèze permet de représenter quelques insectes ou larves comme les larves de sirex, la rhyse persuasive ou la tordeuse grise du mélèze, un minuscule papillon ravageur de conifères. Leurs prédateurs, comme le pic noir, sont également représentés. Les élèves s'interrogent. Qui mange qui ? Quels sont les animaux qui se nourrissent de l'organisme vivant qu'est le mélèze ? De son tronc plus précisément ? Quels sont ceux qui sont absorbés par d'autres organismes vivants ? Qui sont ces derniers ?

► Elles témoignent qu'en des points différents du paysage, l'écosystème fonctionne à travers les espèces qui y vivent.

► L'enseignant veille à ce que la représentation des deux zones emblématiques se répondent, se fassent écho sur la fresque.

► À ce stade cependant, les élèves peuvent être amenés à faire certains constats : comparant la diversité des espèces, ils observent parfois une nette différence entre la zone de végétation naturelle et la zone de cultures.

Quand celle-ci est une zone d'exploitation intensive comme certaines oasis fruitières sur l'Indus, l'utilisation massive d'herbicides a fait disparaître les communautés d'herbacées sauvages et par endroits l'écosystème ne se régénère plus naturellement, ni même de façon semi-naturelle. Il est maintenu artificiellement sans la présence de plantes naturelles remplissant d'importantes fonctions écologiques comme la recharge du sol en nutriments ou le maintien de la pollinisation. À moyen terme ce type d'exploitation intensive peut mener à l'épuisement des terres et à une réduction importante de la **biodiversité**.

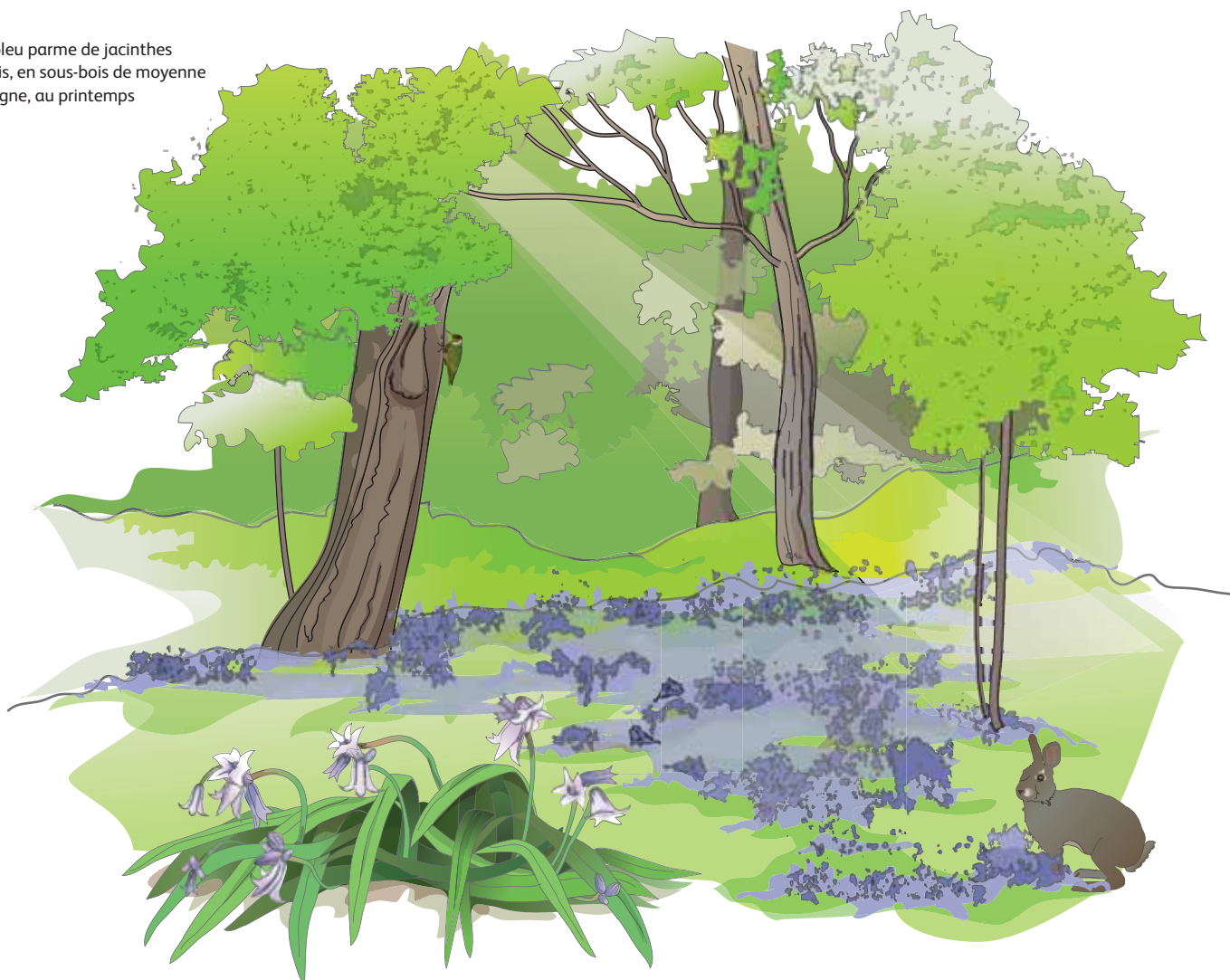
► Dans le meilleur des cas cependant, les deux zones et leurs biocénoses se font écho sur le mur ; l'impression est celle d'une fresque habitée, grouillante de vie. Il ne s'agit pas tant de capter les animaux dans leurs postures ou leurs mouvements quotidiens (le croquis sur le vif est difficile) que de rappeler leur existence et leur appartenance à l'écosystème en les dessinant sur la fresque. La classe met en lumière la face cachée de celui-ci comme si les espèces étaient visibles et repérables.

► Différentes synergies d'action intégrant les animaux peuvent être représentées grâce à l'utilisation de fenêtres :

Ici, l'interdépendance entre espèces animales dans le cadre du régime alimentaire, là, l'idée de cycle entre la pollinisation des fleurs (abeilles, oiseaux), la dispersion des graines (oiseaux) et la germination des plantes.

L'idée d'une synchronisation entre les divers éléments de l'écosystème est transmise, celle d'une dynamique de réseau, d'une « fabrique » en marche et en devenir.

Tapis bleu parme de jacinthes
des bois, en sous-bois de moyenne
montagne, au printemps





Chapitre 2

Maintenir la couverture végétale

01

Parcours initiateur parmi les plantes et les fleurs

Niveau

simple



Lieu

en classe
et à l'extérieur

Durée

2 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Après une phase de découverte sensible des végétaux dans l'environnement, étudier et identifier particulièrement les angiospermes (plantes à fleurs), grâce à un travail sur la couleur.

2. Connaissances et compréhension

Comprendre le rôle des plantes à fleurs dans le cycle reproductif des espèces et mesurer leur importance fondamentale dans le maintien de la couverture végétale.

Déroulement

1. Privilégier la découverte sensible des végétaux

À plusieurs reprises durant la belle saison, du printemps à l'automne dans les régions tempérées, le professeur invite les élèves à faire l'expérience des végétaux à travers leur cinq sens :

- ▶ Ils parcourent diverses formations végétales, commencent par une formation dominée par les herbes (*Poacées*), marchent dans les herbes hautes, celles d'un pré de fauche à l'étage montagnard européen ou parmi les graminées d'une savane à acacias en montagne tropicale.
 - ▶ Ils frôlent les herbes hautes, observent leur ondoieement dans le vent, écoutent le bruit récurrent et apaisant de leur mouvement dans l'atmosphère.
 - ▶ Ils s'imprègnent de l'ambiance différente des sous-bois, apprennent à différencier les conifères, palpent les écorces, observent le port des espèces en se tenant sous la couronne.
 - ▶ Ainsi, la classe repère les piliers au tronc rougeâtre des épicéas (*Picea abies*) dans les **pessières** européennes et himalayennes, les silhouettes lumineuses des mélèzes (*Larix decidua*) en Scandinavie ou Sibérie dont l'écorce épaisse se délite, l'aspect tourmenté du pin cembro (*Pinus cembra*) au tronc foncé et trapu dans les Carpates ou en Suisse.
 - ▶ Les élèves font l'expérience de l'ambiance feutrée et sombre des pessières à épicéas avec leurs épaisses « moquettes » de mousse puis des sous-bois éclairés et remplis de fleurs du **mélèzin** et des forêts d'arole.
 - ▶ Plus bas, ils distinguent les forêts de feuillus composées « d'essences de lumière » comme les chênes ou le tilleul qui recouvrent plusieurs strates de végétaux et les forêts composées « d'essences d'ombre » comme le hêtre qui comprennent souvent une seule strate au sol.
- Ils peuvent alors distinguer les hêtraies sèches (souvent orientées au sud) où prédominent les laïches (*Carex alba*) et les hêtraies fraîches où apparaissent des plantes herbacées à grandes feuilles comme la laitue des Alpes (*Cicerbita alpina*).
- ▶ Sous les épicéas, ils hument l'odeur persistante de champignons et d'humus tandis qu'ailleurs, dans la forêt clairsemée, c'est le parfum des fleurs de rhododendrons qui domine.
 - ▶ Les élèves identifient les différentes senteurs des fleurs et prélèvent de minuscules fragments de conifères qu'ils écrasent sous leur nez pour en dégager le parfum.



Exemples :

Au printemps, les pousses vert tendre des aiguilles en faisceau du mélèze, le même « feuillage » léger mais orange ou doré, chargé d'odeurs en automne, les écailles odorantes des **pives** de l'épicéa non encore lignifiées, les feuilles en écailles des cyprès de montagne comme *Cupressus sempervirens* dans les montagnes méditerranéennes ou les cônes charnus des genévriers (*Juniperus*) simulant des baies.

► Les élèves constituent des collections d'odeurs, même éphémères, en enfermant leurs échantillons dans des boîtes ou des flacons. L'enjeu est alors de reconnaître les échantillons les yeux fermés.

► Dans les montagnes méditerranéennes, les élèves enrichissent leur collection avec des espèces typiques des maquis, particulièrement odorantes, comme l'arbousier, les genêts, le ciste et les plantes aromatiques que sont le thym et le romarin.

► Le même exercice, précautions prises, peut être adapté au goût et aux saveurs en dégustant ou goûtant simplement les fruits, graines ou feuilles issus de plantes sauvages.

1. De gauche à droite :
Torrent en sous-bois (Suisse),
plantes de sous-bois (Inde),
vue de la Réserve de Biosphère
de Dana (Jordanie), bambous (Inde)

2. Prairie fleurie face au Mont Chevreuil,
région de Château d'Oex, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

1



2



Attention : le professeur doit savoir distinguer au préalable les plantes comestibles des plantes toxiques.

Exemples:

On peut goûter les feuilles des aromates cités précédemment ou les fruits des compagnons fidèles de l'épicéa comme les myrtilles ou les airelles rouges que ce soit en Europe ou dans les forêts d'épicéas de Schrenk (*Picea schrenkiana*) du Tien-Chan.

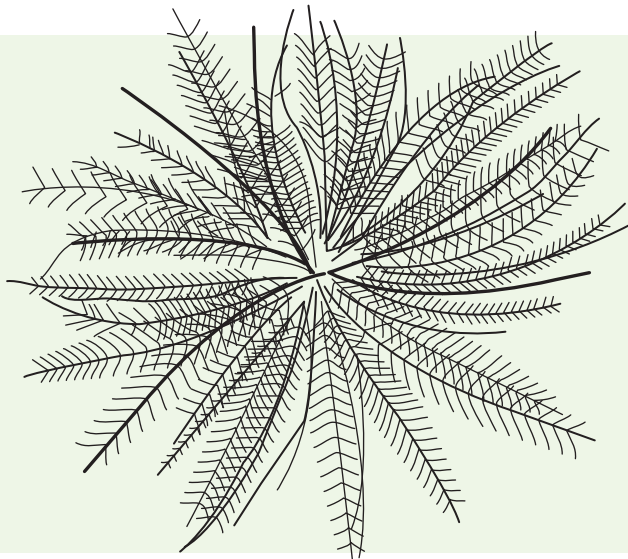
Dans les forêts boréales de montagne en Scandinavie ou Sibérie, les élèves peuvent varier les expériences. Ils rencontrent là une grande quantité de baies automnales dont les mêmes qu'en Europe ainsi que d'autres parmi lesquelles la camarine noire (*Empetrum nigrum*), l'airelle des tourbières (*Vaccinium uliginosum*), la ronce des tourbières (*Rubus chamaemorus*), le cornouiller de Suède (*Cornus suecica*).

2. Composer des planches tactiles à partir de collectes

- ▶ Les élèves juxtaposent, croisent, superposent des échantillons de feuilles collectées.
- ▶ Ils apprennent à les maintenir ensemble à l'aide d'aiguilles de conifères, facilement disponibles en milieu montagnard ou à l'aide d'un point de colle.
- ▶ Par groupes, ils placent leurs tissages végétaux sur des supports cartonnés pour un meilleur maintien.
- ▶ Ils distinguent ainsi, par le toucher, les différentes matières et textures de feuilles :
 - Feuilles plates, épaisses, en aiguilles, en écailles, en rubans.
 - Feuilles lisses, molles, coriaces, luisantes, crassulescentes (charnues), velues, collantes... aiguilles longues, pointues, aplaties, douces, flexibles...
- ▶ Bien que la fécondation des plantes en montagne soit plus aléatoire qu'ailleurs, les élèves constatent l'extrême variété de la production de graines.
- ▶ Les graines abondent en automne ou parfois à la fin de l'hiver pour les plantes les plus lentes à achever leur maturation. Les élèves parcourent alors les massifs. Ils découvrent puis récoltent les graines et leurs enveloppes, parmi les plus communes : les capsules des pavots, les gousses des fabacées, les siliques des crucifères ou plus original : les hampes desséchées de certaines graminées qui les conservent une partie de l'hiver, ce qui les protège du froid. Les feuilles nouvelles de la laïche ferme (*Carex firma*) sont ainsi protégées par les gaines enroulées des feuilles de l'année précédente.

3. Fruits et graines, de gauche à droite :
Gousses du sainfoin à feuilles sombres,
Fruit plumeux composé d'akènes (dryade),
Samare double de l'érable (séparé),
Fruits à rebord saillant du roi des Alpes,

Fruits sur longues tiges du pâturin du Mont-Cenis,
Fruits à aigrette du liondent de montagne,
Fruit multiple de la pulsatile



- Les élèves constituent des planches tactiles à partir de tous ces éléments, fruits ou graines collés. Ils mesurent la variété de matières, de textures, de tailles, de couleurs des éléments assemblés.

Exemple:

La planche peut contenir des samares d'érables ou des graines ailées de gentianes, admirablement construites pour voler (gentiane jaune, pourprée), les fruits à aigrettes, parfois plumeuses, comme pour le liondent de montagne (*Leontodon montanus*) ou le fruit multiple de la pulsatile (*Pulsatilla alpina*) composé de nombreux akènes, des gousses de sainfoin à fleurs sombres (*Hedysarum hedysaroides*) parmi les fabacées, des faines et des graines de hêtre (*Fagus silvatica*).

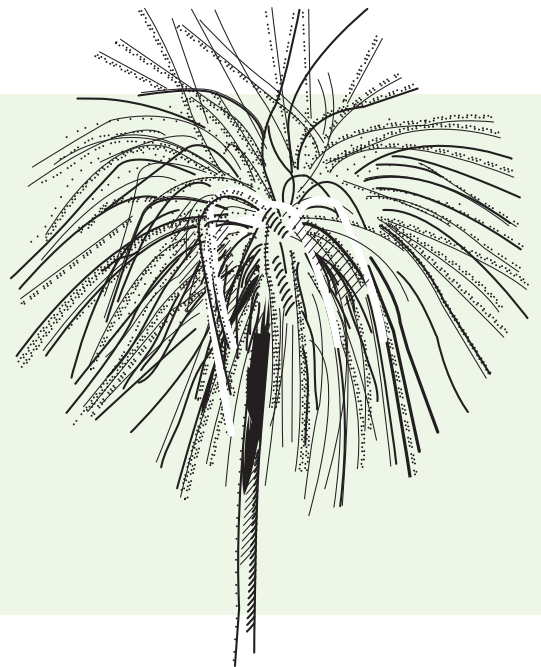
Les plus fragiles de ces fruits seront prélevés et immédiatement placés entre deux feuilles de papier journal ou deux pages de livre pour une meilleure conservation.

3. Aborder l'idée de reproduction à partir des fruits puis des fleurs

- Au printemps, les élèves peuvent compléter leurs planches en y introduisant des chatons ligneux comme ceux du charme ou de l'aulne ou de petits cônes prélevés sur les conifères.
- Avec ces planches de graines, de cônes chargés de pollen, de fruits, le professeur aborde une première fois les étapes du cycle reproductif des végétaux.
- Il indique: les conifères appartiennent au groupe des **gymnospermes**, des végétaux à graines mais sans fleurs.

Pour assurer leur reproduction, les conifères produisent des cônes mâles et femelles distincts. Les cônes mâles situés souvent à la base de rameaux courts produisent du pollen que le vent va transporter jusqu'aux cônes femelles ouverts et contenant les ovules. Les graines se développent ensuite au sein des cônes femelles qui sont ceux que nous observons couramment (les pommes de pin). Une fois mûrs sur les branches, ceux-ci s'ouvrent et laissent tomber leurs graines.

- Le professeur rappelle que ce mode de reproduction et de dissémination des plantes à partir d'une étape de **pollinisation** par le vent ou **anémogamie** n'est pas le plus courant.
- Il introduit alors les **angiospermes** ou plantes à fleurs qui représentent jusqu'à 80 % des espèces végétales et dont les fleurs nous attirent et nous enchantent.
- Il précise que fruits et graines viennent en général d'une fleur. Pour que la fleur se transforme en fruit, puis en graines, il faut qu'elle soit pollinisée. Une fois fécondé par le pollen des **étamines** (organes sexuels mâles), le **pistil** (organe femelle) de la fleur se transforme en fruit. À l'intérieur du fruit, se trouvent les graines.





4. Populage (*Caltha palustris*),
(Renonculacées), Alpes françaises
© UNESCO/Olivier Brestin

5. Pulsatille des Alpes (*Pulsatilla alpina*),
(Renonculacées), en groupe et en détail
© UNESCO/Olivier Brestin

6. Anémone pulsatille (*Pulsatilla vulgaris*),
(Renonculacées), Alpes suisses
© UNESCO/Olivier Brestin

7. Anémone souffrée,
(*Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*),
(Renonculacées)
© UNESCO/Olivier Brestin

8. Trolles d'Europe (*Trollius europaeus*),
(Renonculacées), Alpes suisses
© UNESCO/Olivier Brestin

► Avant de revenir plus précisément sur chacune des étapes du cycle reproductif des végétaux, le professeur invite la classe à partir à la découverte des fleurs en privilégiant l'observation de spécimens aux corolles larges, ou, à défaut, bien ouvertes et colorées.

► Il précise au préalable que les plantes à fleurs se développent sous forme d'arbres, d'arbustes, de plantes grimpantes, de plantes herbacées, d'herbes souples, de tiges ; elles ont conquis tous les milieux de la planète et se sont adaptées aux conditions de vie difficiles des écosystèmes montagnards (cf. Chap. 2, act. 3, p. 83).

4. Étudier les fleurs par un travail sur la couleur

► Quand les conditions le permettent, le professeur mène cette partie de l'activité au moment de la pleine floraison.

Selon les régions du monde, la floraison évoque soit le printemps et l'apparition « magique », éparse, de la végétation vernale fraîchement éclosée, soit la floraison fournie d'un été sans transition.

Dans tous les cas, la belle saison est brève, lumineuse, au sortir d'un hiver long et rigoureux dans les montagnes continentales d'Europe ou les massifs froids, arides et secs, chauds l'été, des montagnes himalayennes.

- Le professeur entraîne la classe vers les hauteurs, là où l'exposition au soleil et la luminosité sont les plus intenses par beau temps.
- Il demande aux élèves d'emporter avec eux des carnets pour dessiner (les élèves peuvent les fabriquer à partir de chutes de papier réunies par un lien et entre deux couvertures de papier coloré qu'ils recyclent également), des crayons de couleur, des crayons gras, des pastilles de peinture à l'eau ou... des tubes de gouache dans le meilleur des cas. Ce matériel est réparti entre les petits groupes constitués.

Remarque:

La collecte des plantes de montagne est très fortement déconseillée car celles-ci sont fragiles, rares, voire «menacées d'**extinction**»; les élèves vont donc apprendre à en conserver une trace, à les «saisir» d'abord par la couleur, associée au dessin dans des croquis ou esquisses réalisés sur place à partir de l'observation sur le vif.

- Une fois sur les sites choisis, chacun fait le constat de l'abondance des fleurs, de l'éclat des corolles épanouies et vivement colorées.

Exemples:

Dans les Alpes, le blanc immaculé de l'anémone printanière (*Pulsatilla vernalis*) en début de saison, le bleu très dense de la gentiane de Koch (*Gentiana kochiana*), le jaune soufre (pâle) des anémones soufrées (*Subsp. apiifolia*), le fuschia intense du géranium des bois (*Geranium sylvaticum*). Ailleurs dans l'Himalaya, on retrouve les mêmes couleurs associées aux anémones et aux gentianes, le rose marqué des primevères (*Primula denticulata* Smith), le mauve franc de *Porana grandiflora*, le jaune d'or du populage (*Caltha palustris*).

- Répartis en groupes, les élèves saisissent délicatement les pédoncules et examinent l'anatomie typique d'une fleur reposant sur quatre éléments nécessaires à la fructification: Deux éléments essentiels, le **pistil**, souvent composé de plusieurs carpelles (organes sexuels femelles) et les **étamines** (organes sexuels mâles), et deux éléments concourants, le **calice**, un cercle externe de sépales qui protège la fleur lorsqu'elle est en bouton et la **corolle**, un cercle interne de pétales, signe d'une fleur épanouie, au centre duquel se trouvent le pistil et les étamines.



9



9. Rosier des Alpes (*Rosa pendulina* L.),
fleur (détail) et arbrisseau
© UNESCO/Olivier Brestin

10. *Zephyranthes carinata*,
Phodang, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



10

Exemples:

Parmi les espèces intéressantes à observer du point de vue anatomique, on peut citer toutes les anémones ou pulsatilles de la famille des renonculacées, le pavot orangé (*Papaver rhæticum*) et de nombreuses espèces d'iridacées et de liliacées (des **géophytes**) partout dans le monde qui, du fait d'éléments floraux facilement repérables car proéminents, permettent une excellente observation. Citons pêle-mêle le lis martagon (*Lilium martagon*) en Europe (attention ! il est toxique et protégé), tous les crocus printaniers, *Lilium medeoloides* dans les Alpes japonaises et une liliacée comme *Tristagma anemophilum* dans les hautes Andes en Argentine.

► Le professeur revient sur les couleurs vives des corolles et établit un lien entre cette coloration remarquable et la forte luminosité.

- L'intensité de la lumière est plus forte aux altitudes élevées car l'humidité et l'air se raréfiant, l'intensité de la lumière solaire augmente.

- Or la lumière directe est riche en rayons rouges qui sont les rayons les plus actifs dans l'assimilation chlorophyllienne (cf. chap. 2, act. 3, p. 86).

- Cette forte nutrition chlorophyllienne entraîne une surproduction de sucres pour la plante qui ne peut transformer ces sucres en amidon du fait du froid.

- Les sucres stagnent dans les cellules de la plante; ils favorisent sa résistance au froid et entraînent la pigmentation concentrée de ses fleurs, parfois aussi de ses tiges et de ses feuilles (qui peuvent être brunes ou rouges).

► Parallèlement, la classe cherche ensemble d'autres raisons expliquant la concentration élevée des fleurs en pigments.

- Elles attirent ainsi – par leurs couleurs vives – les rares insectes pollinisateurs qui vivent à cette altitude.

- En effet, plus on s'élève en montagne, plus le nombre des plantes **anémophiles** (pollinisées par le vent) diminue.

- Les plantes ont plutôt tendance à se prémunir des vents violents qu'à faire appel à ceux-ci pour leur fécondation.

- Elles se sont donc adaptées à la visite des rares insectes des hauteurs et l'intensité de leurs couleurs et de leurs parfums peut s'interpréter dans ce sens.

- Ainsi bourdons, abeilles, d'autres insectes, des papillons transportent les grains de pollen depuis les étamines jusqu'au pistil des fleurs de même espèce. On parle de **pollinisation** croisée car le pollen nécessaire à une fleur provient en général d'une autre fleur, via les insectes, mais il s'agit toujours de fleurs de la même espèce. Seul un grain de pollen de pavot orangé peut féconder un ovule de pavot orangé.

► Sur place les élèves constatent d'abord la grosseur des fleurs qui constituent elles-mêmes des plates-formes où les insectes peuvent se poser aisément.

► Ils notent ensuite chaque détail intéressant des corolles. Ainsi, comme avec la gentiane de Koch (*Gentiana kochiana*) et les taches vertes à l'intérieur de ses clochettes, des motifs de lignes et de points peuvent guider les insectes butineurs vers les réserves de pollen.

► Puis ils repèrent la monochromie et identifient précisément la teinte intense des pétales qui font office de signaux pour les insectes.

Quand ils le peuvent, ils se servent d'objets ou de référents existants, aux couleurs emblématiques, pour qualifier la teinte: jaune paille de *Pulsatilla flavescens*, jaune d'or de la benoîte rampante (*Sieversia reptans*), jaune orangé de l'arnica (*Arnica montana*).

► Dans leur carnet, ils réalisent des nuanciers, font des recherches de couleur, juxtaposent des touches colorées jusqu'à reproduire la teinte exacte des fleurs qu'ils choisissent de représenter. Ils utilisent de façon équivalente crayons de couleur, crayons gras ou pastilles de peinture à l'eau en fonction du matériel disponible.

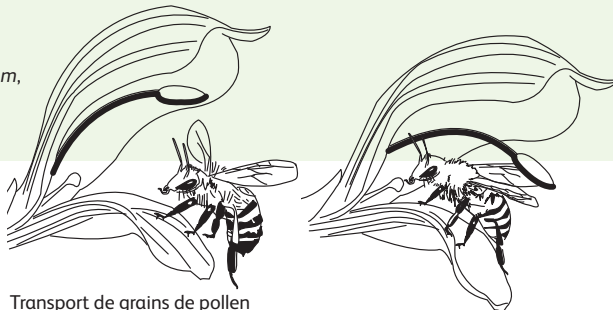
► À l'aide de la teinte choisie qu'ils recréent par superposition ou par mélange, ils délimitent d'abord les contours des pétales puis, procédant par aplats colorés, remplissent les surfaces. Ils captent ainsi forme et couleur des corolles.



11

11. Prairie fleurie, marguerites communes (*Leucanthemum vulgare*), Auvergne, France
©Hélène Gille

12. Bourdon butinant une fleur de *Rhododendron campanulatum*, Sikkim, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



Transport de grains de pollen par une abeille depuis une étamine



12

► Après plusieurs essais, ils « replacent » leur motif dans des croquis d'espèces entières qu'ils situent dans leur contexte (sur une arête, près d'une source), toujours à partir de l'observation simultanée des spécimens.

5. Comprendre la notion d'inflorescence et étendre le travail sur la couleur à l'étude de toutes les fleurs

► Après avoir observé principalement des plantes dont les fleurs simples poussent isolément sur un pédoncule, les élèves se concentrent maintenant sur des fleurs qui poussent en groupes caractéristiques appelés « **inflorescences** ».

L'inflorescence est la disposition de fleurs groupées sur la tige d'une plante.

► Le professeur apprend aux élèves à en distinguer plusieurs types :

- Un **épi** est une inflorescence dont les fleurs sont fixées directement sur une même tige, sans pédoncule.

Exemple :

Les épis violacés de la phléole des Alpes (*Phleum alpinum*).



13. Fleurs en grappe de *Digitalis purpurea alba*,
Yumthang, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



14. Fleurs en grappe de *Rhododendron cinnabarinum*,
Yumthang, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



15. Fleurs en ombelle de *Primula atrodentata*,
Yumthang, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

- Une **grappe** est une inflorescence dont les fleurs sont rattachées à une même tige par un pédoncule.

Exemple :

Les grosses grappes bleues d'Aconit napel (*Aconitum napellus*).

- Un **capitule** est une inflorescence qui ressemble à une fleur unique mais c'est un ensemble de « fleurons » groupés sur un plateau.

Exemple :

Toutes les astéracées ou composées que l'on trouve en milieu montagnard comme l'aster des Alpes (*Aster alpinus*) aux capitules reconnaissables bleu violacé à rose avec un disque central jaune d'or, répandu en Europe, en Asie et en Amérique du Nord.

► L'enseignant explique :

En apparence composé d'un cœur et d'une collerette de pétales, les capitules d'astéracées comme l'aster des Alpes ou le doronic à grandes fleurs (*Doronicum grandiflorum*) ne sont pas des fleurs isolées ; le cœur groupe des centaines de fleurs **tubulées** et chaque « pétale » est une fleur **ligulée**. Certaines composées ont des capitules tout en tube, les fleurs sont toutes tubulées, comme pour le cirse laineux ou chardon des ânes (*Cirsium eriophorum*) ou toutes ligulées comme pour le lion-dent des Pyrénées (*Leontodon pyrenaicus*).

► En découvrant la variété des inflorescences, les élèves se remémorent qu'en altitude l'intense luminosité favorise la multiplication de plantes au ras du sol mais dotées de grosses fleurs épanouies (la nutrition étant intense, la plante s'accommode d'appareils réduits mais peut se permettre « le luxe » de développer des fleurs « gourmandes » en chlorophylle).

Par comparaison, en explorant la variété des différentes inflorescences, les élèves remarquent qu'en sous-bois les fleurs sont petites car les conditions de nutrition sont moins favorables, les plantes « s'économisent » en un sens.

► À ce sujet, le professeur ajoute que la composition de la flore au sol est également déterminée par l'aspect général de la forêt, par la présence de tel type d'arbres, par le port et le mode de ramification de ces arbres laissant plus ou moins passer la lumière (cf. chap. 2, act. 2, p. 72).



16. Fleurs en grappe de vipérine (*Echium vulgare*), dans le Val Verzasca, Tessin, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



17. Fleurs en épis de renouée bistorte (*Polygonum bistorta*) et capitules de salsifis des prés (*Tragopogon pratensis*), Mont Laitmaire, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



18. Fleur simple de pensée des Alpes (*Viola calcarata*), col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

- Une fois la notion « d'inflorescence » explicitée, jusqu'à la présentation d'inflorescences en ombelle ou en corymbe avec le rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferruginum*), les élèves répertorient les espèces dans leur carnet en les classant par couleur.
- Ils identifient les teintes en réalisant de nouvelles gammes colorées dans leur carnet.
- Puis, toujours munis de crayons de couleur ou de pinceaux, ils se lancent dans la représentation des différentes inflorescences sélectionnées à partir de la teinte identifiée.
- Pour les esquisses peintes par exemple, ils procèdent par touches allongées pour les épis et par touches plus dirigées pour les grappes.

Ainsi pour les grappes des **fabacées** – nombreuses en zones montagneuses avec le trèfle des Alpes (*Trifolium alpinum*), l'esparcette des montagnes (*Onobrychis montana*) – ils apprennent à représenter par la touche la couronne « papilionacée » des inflorescences.

Ils « croquent » le port dressé de l'étendard (pétale supérieur de chaque fleur), la carène avec ses deux pétales inférieurs qui se soudent au centre et forment le fond d'un bateau et les deux pétales latéraux qui avancent formant deux ailes symétriques.

En quelques touches de couleur bien placées, de face et de profil, les inflorescences, pièce par pièce, recomposent la grappe !

- Après avoir pratiqué des essais préalables sur papier, les élèves, de retour en classe, réalisent des planches regroupant plusieurs esquisses classées par couleur.

Le format des planches permet d'intensifier le travail chromatique : les représentations de fleurs simples et de fleurs composées (inflorescences) se côtoient sur la même planche et des nuances de teintes apparaissent au sein d'une même couleur.

Aquarelles de coquelicots
et de pois de senteur
© Neal et Nina Cooper



Exemple :

Sur la planche bleue par exemple les fleurs de la gentiane de Clusius (*Gentiana clusii*) isolées sur leur pédoncule vont côtoyer les capitules bleus du bleuet de montagne (*Centaurea montana*) et les inflorescences en cyme bleu pâle du myosotis des forêts (*Myosotis sylvatica*).

- ▶ Les élèves peuvent, s'ils le souhaitent, rajouter les tiges et les feuillages au pinceau.
- ▶ Au final, ils identifient la fleur et a fortiori la plante par son appartenance à une couleur.
- ▶ L'enseignant clôt l'activité en résumant le rôle majeur des angiospermes dans les écosystèmes montagnards.

6. Prendre conscience de l'importance des plantes à fleurs dans le maintien de la couverture végétale

▶ Le professeur resitue l'enchaînement des étapes de pollinisation, de fécondation et de **dissémination des graines** dans le cycle reproductif des espèces car le rôle des fleurs est bien avant tout d'assurer la reproduction des espèces.

- Pour qu'il y ait production de graine, la pollinisation doit être suivie de la fécondation des ovules.
- Il explique que chez les plantes à fleurs, les ovules sont enfermés dans l'ovaire. Lorsqu'un grain de pollen tombe sur un stigmate réceptif, il se forme un tube pollinique qui descend dans l'ovaire pour atteindre un ovule. Celui-ci est fécondé et se transforme en graine.
- Les graines sont ensuite disséminées et assurent ainsi la reproduction des espèces.

► Afin de remplir ces différentes étapes de leur reproduction à une altitude élevée, le professeur explique que les plantes à fleurs se sont adaptées en utilisant des moyens parfois « originaux » ou en faisant appel à un cortège plus diversifié qu'ailleurs d'agents pollinisateurs et disséminateurs.

► Parmi les moyens adoptés, le professeur peut citer :

- L'autogamie : la pollinisation se fait à l'intérieur d'une seule et même fleur possédant les deux sexes. Les plantes concernées sont donc bisexuées et réalisent leur fécondation elles-mêmes alors que les fleurs ne sont pas ouvertes.

Exemples :

Le blé (*Poacée*) poussant en altitude ou *Clarkia heterandra* (*Onagracées*) dans la Sierra Nevada en Californie sont des plantes autogames.

- La multiplication végétative : à côté de la reproduction sexuelle certaines plantes se propagent par la multiplication végétative qui implique l'apparition de petites racines et de pousses sur la plante mère. Avec le temps, celles-ci se transforment en nouvelles plantes autonomes.

19

19. Gentiane printanière (*Gentiana verna*),
Paray Doré, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin



20. Myosotis (inflorescence en cyme)
© Nathalie P.



21. Bleuet des montagnes
(*Centaurea montana*),
région de Château d'Oex, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin



22. Gentiane de Clusius (*Gentiana clusii*),
Col du Simplon, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin

20



21



21



22





23. Edelweiss en fleurs (*Leontopodium alpinum*),
région de Château d'Oex, Suisse

© Nadine Samson

Exemples:

C'est le cas de la plupart des graminées ou poacées qui émettent des pousses le long de leurs stolons ou de petites racines adventives sur leur tige souterraine comme le triset à feuilles distiques (*Trisetum distichophyllum*).

- L'apomixie : il s'agit de multiplication asexuée et sans fécondation.

Certaines plantes donnent ainsi l'apparence de la reproduction sexuée en émettant par exemple des sortes de bourgeons feuillés alors qu'elles se développent selon le principe de la multiplication végétative par production de bulbilles parmi les feuilles comme le pâturin des Alpes (*Poa alpina*) ou en produisant des graines sans fécondation comme les alchemilles.

► Parmi les agents pollinisateurs ou disséminateurs utilisés, le professeur précise:

- Certaines fleurs peuvent être fécondées par n'importe quel insecte plutôt que d'être **inféodées** à une seule catégorie de visiteurs.

Exemple :

Les plantes à coussinet comme l'androsace helvétique (*Androsace helvetica*) qui gardent les bases décomposées de leurs tiges anciennes sont peuplées de bactéries, de champignons, de petits animaux. Les insectes se complaisent donc sous ces cloches végétales renfermant leur propre humus et collemboles ou petites araignées peuvent ainsi assurer la fécondation des fleurs.

- D'autres plantes à fleurs exaltent leurs propriétés nutritives et aromatiques afin d'attirer certains pollinisateurs ou disséminateurs particuliers.

Elles développent des substances odorantes volatiles, localisées dans les fleurs ou dans les graines comme la violette des bois dont les graines contiennent des huiles essentielles appréciées de certaines fourmis qui vont les disséminer en retour.

D'autres adoptent des formes compliquées et « compensent » l'absence de plate-forme d'atterrissage en dégageant des parfums capiteux, en se gorgeant de nectar et en « exhibant » directement leurs organes reproducteurs à la vue des pollinisateurs.

Exemple :

La fleur du lis martagon attire ainsi des papillons capables de la polliniser en plein vol, sans se poser sur la plante, comme les moro-sphinx.

► À ce stade, le professeur rassemble les informations :

- Les fleurs, grâce à leur nectar, à leurs huiles essentielles puis grâce à leurs fruits et à leurs graines servent de nourriture à un nombre considérable d'espèces qui en retour accomplissent d'innombrables fonctions écologiques comme la dissémination des graines, l'entretien de la fertilité du sol, la sélection des espèces, la régulation des populations, remplissant les services nécessaires au fonctionnement de l'écosystème.
- De plus, quand un écosystème a été mis à mal suite à de grands bouleversements causés par une avalanche, un incendie, une coulée de boue ou des inondations, les angiospermes participent activement au retour d'un certain équilibre écologique grâce à des espèces colonisatrices qui s'installent rapidement sur place et permettent une évolution rapide des associations végétales.
- Sur les éboulis calcaires, les pierriers mouvants, les couloirs d'avalanche, les premières plantes à s'installer, qui vont emprisonner de leurs mailles terre, cailloux et humus, stabiliser le tout et préparer la venue d'autres plantes sont des plantes à fleurs semées là par le vent ou quelque agent disséminateur.

Exemple :

On peut citer la benoîte rampante dans les Alpes ou la magnifique dryade à huit pétales...

► Pour finir, le professeur relie les plantes à fleurs au concept de **biodiversité** :

En tant que « producteur » à l'origine de nombreux réseaux trophiques, en tant qu'élément pionnier de végétation, en tant que facteur de stabilisation des sols en montagne, les plantes à fleurs se situent au cœur de la toile de vie de la biodiversité et participent activement à l'équilibre des écosystèmes.

La biodiversité désigne toutes les formes de vie sur Terre. Elle désigne l'ensemble des espèces vivantes (animaux, végétaux et micro-organismes) présentes sur la planète ainsi que les caractéristiques naturelles de chacune de ces espèces. Elle constitue la toile de vie dont nous faisons intégralement partie et dont nous sommes totalement dépendants.

Chaque élément – une espèce particulière ou une caractéristique naturelle de celle-ci – forme une maille de la toile de vie et est reliée à d'autres mailles de la toile. Chaque élément du réseau à la fois influence et est influencé; chaque élément est acteur et dépendant.

Les élèves comprennent en quoi un « trou » dans la toile de vie ne signifie pas simplement qu'une espèce disparaît, qu'elle n'est plus là, qu'une maille « saute ». Cela signifie un « trou » ou une discontinuité dans la somme des interactions entre les différents éléments de la diversité biologique, cela signifie que le comportement d'un élément a des conséquences sur l'ensemble du système, que les mailles « chassent », que le « trou » devient plus grand.

Ainsi, quand une plante à fleurs disparaît d'un écosystème, cela influe sur la population d'insectes qui s'en nourrit puis sur les oiseaux qui se nourrissent de ces insectes et cela compromet les fonctions de pollinisation et de dissémination des graines accomplies par ces mêmes animaux lorsqu'ils vaquent à leurs occupations quotidiennes.

À l'échelle internationale, la **Convention sur la diversité biologique** élabore une juridiction et des objectifs d'action visant à répondre de manière concrète au déclin global des espèces vivantes.



Pollinisation du lis martagon
par le papillon moro-sphinx en vol

02

Forme et dessin : l'anatomie des arbres et des arbustes

Niveau

simple



Lieu

 en classe
et à l'extérieur


Durée

2 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Sensibiliser à l'anatomie, au « port » et à la croissance des arbres et des arbustes (ainsi que des arbrisseaux nains) grâce à un travail d'observation de loin, puis de près, largement relayé par le dessin.

2. Connaissances et compréhension

Par l'étude des végétaux ligneux (silhouette, houppier, rameaux, feuilles ou aiguilles), les élèves saisissent l'impact des éléments extérieurs sur le port et l'adaptation des arbres en montagne et comprennent le rôle essentiel joué par les feuillus et les conifères dans les écosystèmes montagnards.

Déroulement

1. Repérer l'architecture et le port des arbres par l'observation de différentes espèces

► Le professeur invite la classe à observer les plantes ligneuses dans leur globalité et à se concentrer sur les arbres et les arbustes présents dans l'environnement.

► La classe s'interroge :

- Comment l'arbre se construit-il dans sa globalité ?
- Quelle est son architecture ?
- Le tronc et les branches sont-ils perceptibles ?
- Ne jouent-ils pas le rôle de charpente, tels des colonnes et des linteaux ?

► Les élèves observent comment chaque arbre – on se concentre d'abord sur les feuillus, ensuite sur les conifères – adopte un **port** particulier, développe une forme caractéristique, en fonction du nombre et de la grosseur des branches principales et de l'angle qu'elles font avec le tronc.

À partir de cette armature de base, se développe un réseau de branches secondaires pour les feuillus et une ramification en rameaux pour les conifères.

Le houppier des feuilles ou des aiguilles vient se distribuer sur l'ensemble de la construction selon que l'arbre porte des feuilles ou des aiguilles.

► Les élèves repèrent le port d'un arbre en fonction du tronc et des branches principales et réalisent des croquis.

Y-a-t-il un port caractéristique de chaque espèce ?

Exemple :

Le bouleau (*Betula pendula* ou *Betula pubescens*) qui pousse dans les montagnes sibériennes ou scandinaves au sud de la taïga a un tronc droit et blanc, des branches dressées mais souples se ramifiant en branches secondaires, pendantes ou non, mais qui restent souples ce qui leur permet de mieux résister à l'assaut des orages et des tempêtes de vent en altitude.



24. Sapins subalpins (*Abies lasiocarpa*),
Yosemite National Park, USA
© Thomas Schaaf

C'est un arbre qualifié d'essence de pleine lumière qui profite bien de la luminosité des hauteurs. Il croît donc vers le haut et adopte souvent un houppier étroit, à cime peu développée, tendu vers la lumière, de forme ovale donc, au feuillage léger, qui laisse passer la lumière et constitue des sous-bois clairs.

Parallèlement, beaucoup d'espèces de conifères en montagne ont une cime conique et une forme en colonne donnée par des branches courtes appliquées à l'oblique contre le tronc, retenant ainsi le moins de neige possible. Selon le principe de croissance apicale –vers le haut à partir d'un point situé au sommet– les ramifications sont régulières et les branches supérieures protègent les inférieures qui, en plus d'être inclinées, sont souples –comme pour le bouleau – autant de facteurs morphologiques leur permettant de se décharger de la neige et de ployer face aux intempéries.

► Les élèves apprennent à repérer les traits distinctifs du port de chaque espèce et enchaînent différentes esquisses.

► Selon les régions, ils dessinent les silhouettes des conifères colonnaires comme l'épicéa commun (*Picea abies*) dans les Alpes européennes, le sapin rouge de Californie (*Abies magnifica*) dans la Sierra Nevada ou *Abies lasiocarpa* et *Abies bifolia* dans les Montagnes Rocheuses.

► Ils saisissent la gracieuse silhouette d'un arbre souvent repérable en montagne, le mélèze (*Larix decidua*), conifère à aiguilles caduques qui, selon les espèces, peuplent les forêts des Alpes, des Carpates ou de Sibérie.

En fonction de la période de l'année, la classe utilise la couleur et le « croque » nimbé de pousses vert tendre et de cônes rouges au printemps, paré d'orange ou d'or en automne, dénudé et hérissé de branchages l'hiver.

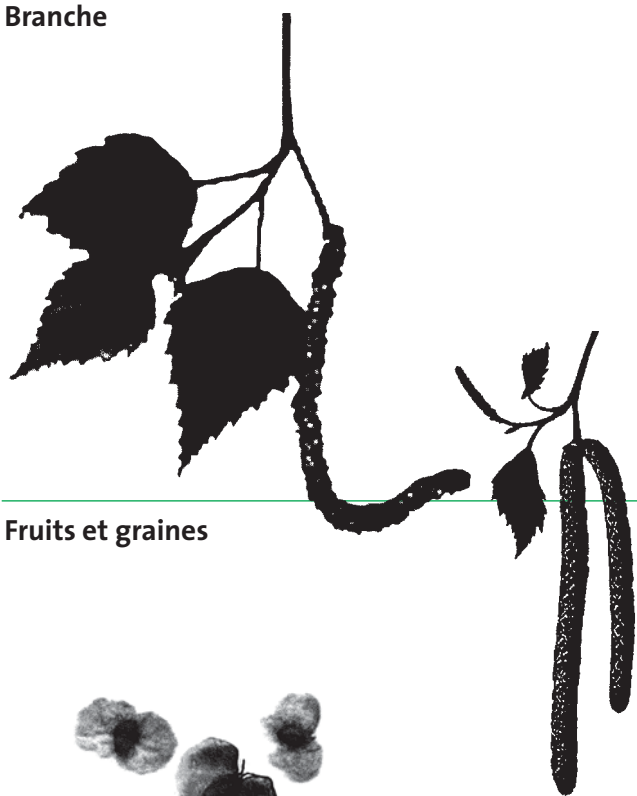
Ses aiguilles douces et souples constituent un feuillage extrêmement léger. C'est une essence de pleine lumière –comme le bouleau– dotée de la même souplesse et légèreté de structure ainsi que d'une vraie souplesse d'adaptation, essence pionnière gagnant sans cesse les espaces vides toujours plus haut.

Bouleau

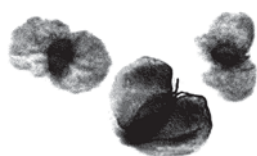
Arbre



Branche



Fruits et graines

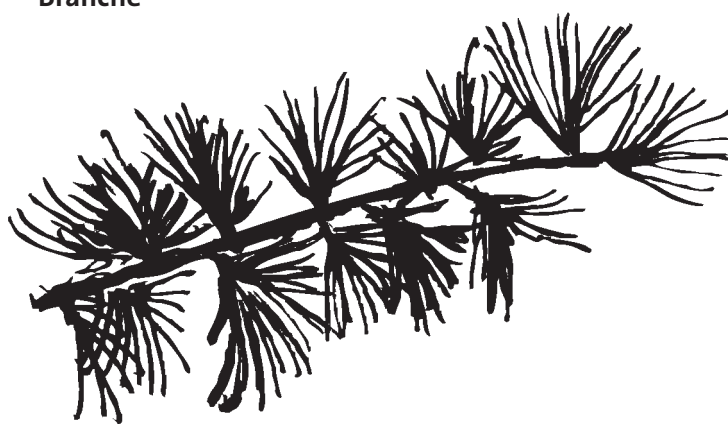


Mélèze

Arbre



Branche



Fruits et graines

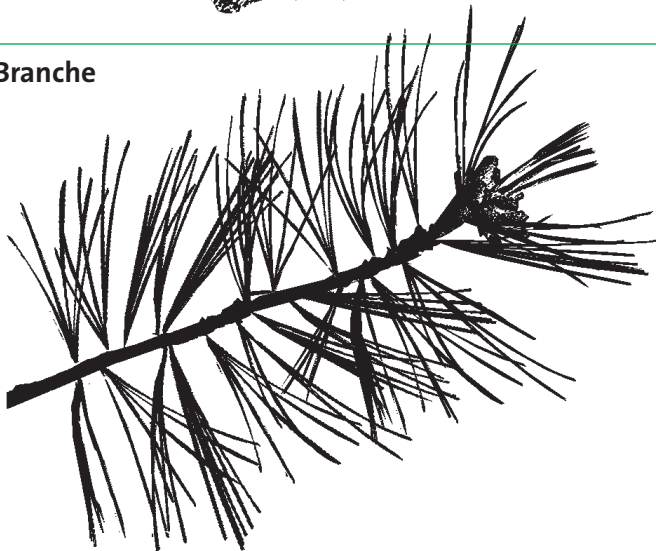


Pin cembro

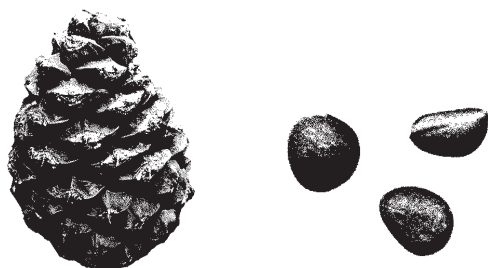
Arbre



Branche



Fruits et graines

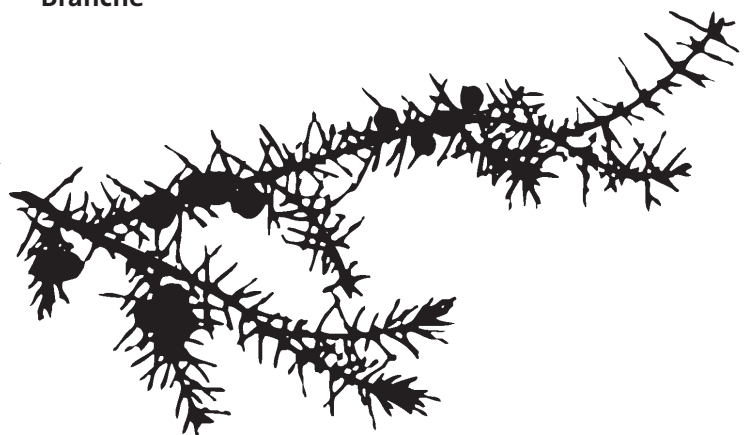


Genévrier

Arbre



Branche



Fruits et graines





25. Conifères d'espèces différentes,
Yosemite National Park, USA
© Thomas Schaaf



26. Champs cultivés et plantations
de pommiers et peupliers, Basgo, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

- Les élèves multiplient les croquis, ils réveillent la ligne par leurs dessins : lignes cadencées, souples, des essences qu'ils viennent d'étudier, le contour de l'arbre auquel ils parviennent n'est pas une limite projetée intellectuellement mais le résultat d'un jeu de forces internes.
- Ils captent l'élévation de l'arbre qui peut être légère et vigoureuse, mais également lourde et puissante avec une espèce comme le pin cembro (*Pinus cembra*). Ils représentent alors sa torsion, sa plasticité, par les lignes épaisses et sombres de ses ramifications garnies d'un feuillage vert épais et de cônes brun violacé.

2. Intégrer quelques premières notions relatives à la croissance des végétaux

- Le professeur rappelle l'importance des racines ligneuses des arbres et des arbustes qui permettent de fixer leur tronc dans le sol.

- La plupart des arbres ont deux réseaux de transport : l'un pour l'eau appelé le **xylème**, l'autre pour la nourriture appelé le **phloème**.

- Les racines puisent, « aspirent » l'eau et les sels minéraux dans le sol.

- La traction vers le haut, par le tronc, provient de l'évaporation par les feuilles ou les aiguilles qui fait monter une colonne d'eau tout au long de l'arbre, comme une pompe.

Dans une large mesure, la forme globale de l'arbre est déterminée par son système de « tuyaux ».

- Le professeur élabore ses commentaires en expliquant qu'en montagne, en particulier dans les forêts de conifères, l'enracinement de certains arbres comme les épicéas peut être assez superficiel.

- En effet le sol du sous-bois est couvert d'une couche de litière pauvre et fibreuse constituée de tonnes d'aiguilles en décomposition.

- Cette litière libère des acides organiques « agressifs » qui, associés à la percolation d'eau, produit un lavage intense du sol et entraîne les particules minérales très profondément.

- Ainsi l'épicéa ne développe-t-il qu'un enracinement superficiel afin de se maintenir dans la couche nourricière du sol en surface.

- Il a alors besoin de mutualisme ou **symbiose** avec les champignons **mycorhiziens** qui colonisent ses racines et lui fournissent – en échange de sucres élaborés lors de la photosynthèse – des éléments nutritifs vitaux comme l'azote et le phosphore qu'ils vont prélever en profondeur dans les minuscules espaces poreux du sol grâce à leurs filaments.



27. Groupes de pins,
Yosemite National Park, USA
© Thomas Schaaf



28. Fond de vallée cultivée entre versants arides,
Réserve de Biosphère d'Arasbaran, Iran
© Thomas Schaaf

3. Saisir la géométrie à l'œuvre dans la nature grâce à l'observation de près

► Après l'étude de la forme des arbres, les élèves se concentrent sur les feuilles et les aiguilles et repèrent la relation existant entre la forme globale et les lignes imbriquées.

Si la forme d'un arbre est déterminée par son système de « tuyaux » alors la forme d'une feuille est déterminée par son réseau de nervures.

Le peintre suisse Paul Klee l'a largement observé dans ses esquisses pédagogiques de 1926 : « La forme plane qui émerge dépend des lignes imbriquées. Et là où finit le pouvoir de la ligne, le contour, la limite de la forme plane apparaît ».

► Les élèves constatent ainsi que les aiguilles des conifères, dont la surface est dure et coriace présentent des nervures parallèles.

► Concentrés sur l'étude morphologique d'une feuille, les élèves repèrent et dessinent la forme du **limbe** et du **pétiole** de la feuille.

Ils observent le réseau des nervures qui divisent la feuille en cellules macroscopiques ayant chacune leur irrigation.

À supposer que l'école dispose d'une loupe binoculaire... l'observation est une fête pour les yeux !

► Les élèves distinguent et dessinent deux grands types de feuilles :

- Les feuilles **simples** comme celles du hêtre (*Fagus sylvatica*) à la texture brillante et coriace ou celles diversement lobées des chênes composant les chênaies de montagne.
- Les feuilles **composées** comme celles du sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) composées de plusieurs paires de **folioles** dentées.

► Ils repèrent ensuite la disposition des feuilles sur la tige et mesurent l'ordre et la précision de cet arrangement selon les espèces.

Ils distinguent ainsi :

- La disposition des feuilles de part et d'autre de la tige de façon alternée : on parle de feuilles alternes, une feuille simple par niveau (à chaque nœud) sur la tige comme pour l'aulne vert (*Alnus viridis*) ou pour les feuilles losangiques du bouleau pubescent (*Betula pubescens*).
- La disposition de feuilles opposées : deux feuilles face à face à chaque niveau comme celles de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) ou du cornouiller de Suède (*Cornus suecica*).
- La disposition des feuilles verticillées groupées par trois, quatre ou cinq par niveau comme pour

la pédiculaire des Alpes (*Pedicularis verticillata*) ou la sauge verticillée (*Salvia verticillata*) que l'on trouve sur les sols calcaires des garrigues des montagnes méditerranéennes.

► Ensuite, la classe observe de près les rameaux des conifères et constate là aussi la variété des formes de leurs «feuilles» et la disposition différente de ces aiguilles ou écailles sur les rameaux: Structure dense et rigide des longues aiguilles du pin cembro (*Pinus cembra*) groupées par cinq pour résister au froid en altitude, aiguilles par deux du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) qui ne craint pas les étés chauds des coteaux arides, aiguilles aplaties et vert sombre des sapins rattachées isolément sur les rameaux, parfois bicolores si on les retourne comme les faces inférieures blanches des aiguilles d'*Abies alba* (le sapin blanc), aiguilles piquantes des épicéas disposées tout autour des rameaux, courtes aiguilles dressées en rosette des magnifiques cèdres des pentes arides: cèdre bleu de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), cèdre du Liban (*Cedrus libani*), enfin, moins communes, les aiguilles douces et souples tombant l'hiver et jaunissant l'automne des mélèzes (*Larix decidua*), elles aussi disposées en rosette sur les rameaux.

► À travers leurs croquis et leurs dessins, les élèves constatent que selon les espèces, un ordre particulier régit l'arrangement des feuilles sur la tige et des aiguilles sur les rameaux. Cette organisation des éléments végétaux est appelée **phyllotaxie**.

On la retrouve dans la distribution des rameaux sur la branche et des branches sur le tronc.

► L'enseignant introduit un temps d'observation pour laisser aux élèves le soin d'apprécier l'ordonnancement et la géométrie (dans l'espacement entre les éléments par exemple) qui régissent la croissance des plantes.

► Il invite enfin la classe à examiner les facteurs qui détournent un arbre ou un arbuste de sa croissance naturelle ou lui confèrent un port rabougri ou déformé?

- Qu'est-ce qui fait qu'un arbre apparaît irrégulier?
- Certaines espèces ont-elles un port nain ou prostré naturellement du fait de caractéristiques génétiques qui résultent de leur adaptation, d'une réponse génétique à la pression du milieu?
- D'autres se développent-elles de façon tordue ou déformée sous la pression du vent, du gel, de la neige, de la solifluxion, de la lumière solaire ou de l'impact des activités générées par l'homme?



Arbre en drapeau, déformé par le vent



29. Arbres morts sur sol salé,
Death Valley, Californie, USA
© Michel Le Berre



30. Forêt épars de conifères
sur chaos granitique,
Yosemite National Park, USA
© Michel Le Berre

4. S'interroger sur le rôle des éléments extérieurs sur le port du végétal

► Le professeur rappelle que la forme d'une plante est programmée d'avance : il s'agit de son programme génétique.

Certains facteurs peuvent cependant modifier l'expression du programme.

► La classe est amenée à distinguer les caractéristiques génétiques d'une plante (dues à l'adaptation) des facteurs extérieurs qui modulent l'expression de ce programme génétique :

A. L'effet du vent, du gel et de la neige

Pour affronter le déchaînement des vents d'altitude, les plantes des hauts sommets sont courtes (tiges réduites) et se tapissent au sol.

On parle d'architecture ramassée, moutonnante avec les plantes en coussinets qui forment des sortes de calottes végétales plaquées aux rochers comme l'androsace helvétique (*Androsace helvetica*) ou la linaria des Alpes (*Linaria alpina*).

Les végétaux ligneux subsistent à l'état d'arbustes rampants à croissance naine ou adoptent un port « en espalier » en prenant le sol comme appui.

Ainsi, les pins des forêts subalpines comme le pin mugo (*Pinus mugo*) et *Pinus pumila* en Extrême-Orient développent un épais matelas de branches basses qui, l'hiver, leur permet de se protéger sous la neige.

► Les élèves repèrent ces ports particuliers et tentent d'en produire quelques esquisses tandis que le professeur explique qu'il s'agit là d'adaptations déterminées génétiquement (qui présupposent un patrimoine génétique) plutôt que de déformations dues à l'action directe des éléments extérieurs.

Exemple :

Le pin mugo (*Pinus mugo*), même quand il est cultivé en basse altitude, garde son port prostré et couché. C'est une espèce de montagne à part entière.

► Par comparaison, l'enseignant guide les élèves vers d'autres spécimens d'espèces dont les formes tourmentées, échevelées, sont à attribuer à l'action mécanique des intempéries.

Ainsi le port « en drapeau » de nombreux arbres en montagne est directement causé par le vent associé au froid.

Un arbre peut être « déjeté » par le vent violent; ce dernier brise les bourgeons qui lui font face de sorte que la croissance principale s'effectue du côté opposé. Sous l'action combinée du vent et du gel, les branches supérieures situées sous le vent sont également détruites par les rafales glacées, elles sont cassées et criblées d'aiguilles de glace.

► Accompagnés du professeur, les élèves parcourent les hautes altitudes en quête de ces spécimens aux formes curieusement « en drapeau ». Ils en croquent quelques esquisses étranges, presque irréelles.

B. L'effet des activités générées par l'homme

1. Le surpâturage

► Le professeur rappelle que dans les montagnes arides (des hautes montagnes hyperarides d'Iran, d'Afghanistan, aux montagnes sèches méditerranéennes), la végétation est très pauvre et les herbivores paissent directement sur les **plantes ligneuses**.

- À la saison sèche, les animaux s'attaquent aux feuillages persistants – **sempervirents** – et engloutissent le peu de matière végétale qu'ils constituent;

- Quand l'arbre a perdu ses feuilles, ils s'attaquent aux épines et aux branches ou encore aux jeunes pousses alors que la plante reconstitue son feuillage. On parle d'impact néfaste sur la couverture végétale et de **surpâturage**.

Exemple:

Sur les montagnes crétoises, les cyprès noueux et les érables de Crète (*Acer sempervirens*) sont littéralement tondus et « rongés » par les chèvres jusqu'à ressembler à des bonsaïs (arbre ornemental dont la faible taille est obtenue artificiellement, surtout au Japon).

2. La collecte du bois de feu

► Parmi les impacts néfastes causés par l'homme, le professeur revient sur l'exploitation non durable de chaque brin d'herbe ou de chaque rameau de feuillage dans les zones de montagnes arides. Ce ramassage systématique permet de nourrir le bétail ou de produire du bois de feu pour la cuisine mais entraîne le déboisement des très rares bosquets d'arbres.

31



32



31. Arganier soumis à la pression des herbivores, Maroc
© UNESCO-MAB

32. Acacia isolé,
Aïr, Niger
© Michel Le Berre

33. *Balanites aegyptiaca*,
Aïr, Niger
© Michel Le Berre

33





34

34 & 35. Réduction de zones forestières pour des besoins agricoles, Réserve de Biosphère d'Entlebuch, Suisse
© Thomas Schaaf



35

Exemple:

Ceux-ci se situent par exemple dans certains lieux propices et humides des montagnes sahéliennes et on peut suivre le passage de l'homme en observant l'aspect taillé ou « tailladé » d'arbres comme *Ziziphus mauritiana* ou *Balanites aegyptiaca* qu'il laisse derrière lui.

► Les élèves mènent l'enquête à leur façon. Ils repèrent les arbres dénudés, cassés, à l'architecture dégradée. Ils en produisent des esquisses en soulignant les détails qui permettent d'identifier le facteur de détournement ou de destruction. Dans cette optique, ils peuvent choisir d'introduire du texte ou des flèches dans leurs dessins.

► Ensuite, l'enseignant aborde la question de la déforestation en indiquant que certaines activités humaines ne font pas que déformer ou affecter la croissance naturelle des arbres ou des arbustes, elles l'empêchent, y mettent fin de façon parfois irrémédiable par des déboisements à grande échelle. Ces déboisements compromettent l'équilibre des écosystèmes en supprimant le bienfait des fonctions écologiques remplies par les arbres à ces altitudes.

3. Le déboisement du berger dans l'écotone entre forêt et pelouse

► Le professeur revient sur la zone de transition, ou écotone, entre forêt et pâturage se confondant parfois avec la lande.

► Il explique que la pression de gros troupeaux de moutons sur la végétation y est telle que les plantes sensibles au piétinement, à l'écrasement, au passage répété des bêtes, disparaissent. Les bergers accentuent encore le phénomène en supprimant des plantes ligneuses autochtones sous prétexte qu'elles ne sont pas de bonnes plantes fourragères.

Exemple:

Dans les régions tempérées, les bergers alpins brûlent parfois systématiquement le genévrier nain (*Juniperus nanus*) qu'ils accusent d'accumuler de l'humus acide dans le sol.

Or la disparition du genévrier accentue l'appauvrissement de l'écotone car elle entraîne la prolifération du nard raide (*Nardus stricta*) une espèce coriace qui étouffe les autres plantes fourragères et signale l'épuisement de la zone de pâture.

4. La déforestation à grande échelle

- Pour finir, l'enseignant illustre – par des documents qu'il a pu rassembler au préalable – le déboisement massif en montagne.
- Il précise que dans de nombreux massifs européens, et de façon moindre en Amérique du nord, la limite supérieure de la végétation forestière s'est trouvée artificiellement abaissée du fait de l'intervention humaine.
 - Dans le passé, ces défrichements étaient dus à l'implantation de fermes isolées accompagnées de leur chalet et de leur grenier sur l'alpage, à l'ouverture de nouveaux pâturages en contrebas et des prés de fauche taillés dans la forêt.
 - Déboiser pour les besoins du pastoralisme et de l'agriculture de montagne se pratiquent encore intensément dans certaines régions des Andes ou de l'Himalaya, parfois avec excès.
 - Mais globalement les défrichements les plus dommageables pour les écosystèmes montagnards en Europe sont ceux qui occasionnent de grandes coupes dans les forêts afin de développer des sites de tourisme hivernal au détriment du tapis végétal.
 - L'implantation de pistes, de remontées mécaniques, le façonnage du terrain au bulldozer ouvrent des voies, des passages artificiels dans le paysage où se déverse l'eau de ruissellement et s'installe l'érosion active; ailleurs la pelouse se fragmente et, sur le sol dénudé, le ravinement se manifeste et s'installe aussi.
- Le professeur signale l'action des forestiers qui souvent reboisent cette zone de la limite supérieure de la forêt car elle est la zone d'origine d'avalanches dangereuses. Reboiser à cette altitude, faire remonter la forêt peut éviter des drames. Les arbres plantés là vont croître lentement mais une fois suffisamment développés, ils vont fixer au sol le manteau neigeux.

5. Rappeler le rôle essentiel joué par les arbres dans les écosystèmes montagnards

- En conclusion, le professeur explique qu'en détruisant la forêt, l'homme contribue à la dégradation des terres en montagne car il supprime l'ensemble des fonctions que les arbres génèrent surtout lorsqu'ils sont dotés de couronnes de feuilles ou d'aiguilles:
 - Le houppier constitue un obstacle contre le vent à moyenne altitude et peut protéger les cultures d'orge, de blé, de chanvre, de lin dans les zones d'agroforesterie, qu'elles se situent sur les versants des Andes, des massifs himalayens ou même des Alpes.
 - Une fois tombées sur le sol, feuilles ou aiguilles s'y décomposent et enrichissent le sol en matière organique. Un manteau végétal constitué de ligneux est une source permanente de production de matière organique et d'humus car l'érosion biochimique y est active: les vers de terre et micro-organismes du sol, associés à la **litière** de l'arbre et à l'action de ses racines qui pénètrent le sol, attaquent le substratum et en fabriquent des sols épais au modelé doux. Les arbres édifient donc le sol en montagne et le protègent ainsi efficacement contre l'érosion mécanique.
 - De plus les arbres créent une couverture végétale abritée où se concentre l'humidité au pied des troncs; ce processus d'humidification agglutine entre elles les particules du sol.
 - Enfin le rôle des racines des arbres est fondamental en montagne car elles fixent les sols, les maintiennent en place sur les versants et les stabilisent en les structurant par leurs divisions.

03

« Vivre au sommet » ou l'adaptation des plantes en montagne

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu
en classe
et à l'extérieur



Durée
3 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Découvrir les diverses adaptations des plantes de montagne aux conditions extrêmes de l'altitude en repérant notamment leurs particularités morphologiques grâce au dessin.

2. Connaissances et compréhension

Apprendre à discerner les adaptations morphologiques des adaptations physiologiques des plantes de montagne, les comparer à celles d'autres végétaux vivant en milieu hostile comme les écosystèmes secs et comprendre l'idée de convergence d'évolution.

Déroulement

1. Repérer par le dessin les adaptations morphologiques les plus typiques des végétaux

► Le professeur invite la classe à grimper en altitude (selon les principes d'organisation mentionnés précédemment) afin d'observer certaines des adaptations morphologiques les plus frappantes adoptées par les plantes de montagne.

Selon les régions du monde, ces plantes des sommets doivent lutter contre le froid intense qui s'accroît avec l'altitude, des vents violents et desséchants, une amplitude thermique très importante entre le jour et la nuit, le gel et la neige, une très brève période de végétation et, en montagne tropicale, une humidité constante de l'air et du sol associée au brouillard et au vent sur les crêtes exposées.

36. Joubarbe des montagnes (*Sempervivum montanum*)
(Crassulacées), plante et fleurs (détail), col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

37. Plante en coussinet,
Khardungla Pass, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



► Afin de lutter contre ces conditions climatiques hostiles, en particulier contre le déchaînement des vents, le professeur explique que les plantes des sommets adoptent des tiges courtes et tapissent le sol.

► Il complète l'explication en mentionnant les facteurs climatiques qui empêchent l'allongement des tiges :

- La lumière intense de l'altitude bloque la croissance des tiges (même si elle favorise la photosynthèse au niveau des feuilles);
- La croissance pourrait alors se dérouler la nuit mais elle est à son tour bloquée ou contrainte par le froid nocturne;
- De plus le grand écart de température entre le jour et la nuit affaiblit la capacité d'allongement de la plante.

► Sur place, les élèves constatent que les végétaux ont tendance à s'agréger; ce phénomène résulte du raccourcissement général des tiges combiné avec une grande capacité à se ramifier.

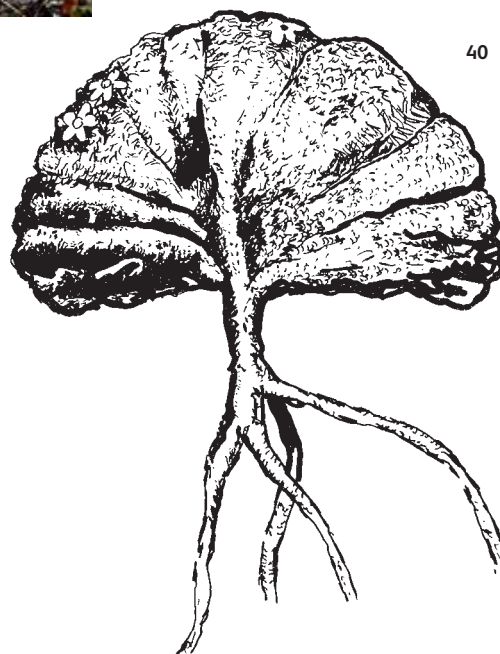
► Ils repèrent et dessinent les types morphologiques les plus frappants et recherchent les associations possibles entre ces formes végétales et des objets de la vie courante.

► Ils se familiarisent avec les plantes en coussinets, saisissent leur forme générale de coussin bombé ou de calotte hémisphérique, comprennent leur construction à partir de tiges très courtes se ramifiant en fourches très serrées, chaque branche ayant une croissance identique de sorte que l'ensemble forme cette cloche végétale hémisphérique où viennent se poser les fleurs terminales.

38. Coussinets
de linnaire des Alpes
(*Linaria alpina*)
Col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



39. Silène acaule
(*Silene acaulis*),
Col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



40. Plante
en coussinet
de l'étage alpin

Exemple:

La classe atteint une zone de rochers afin d'observer, de toucher, d'écarter les coussinets bien serrés de plantes saxicoles (du latin *saxum*: « rocher ») comme l'androsace helvétique (*Androsace helvetica*) qui colonise les parois calcaires ou le silène acaule (*Silene acaulis*) qui préfère les arêtes siliceuses.

► Les élèves repèrent ensuite la forme caractéristique en rosette adoptée par certaines plantes pour la croissance de leurs feuilles. Là encore, sur le même principe de raccourcissement des tiges, les nœuds situés sur la tige principale sont rapprochés à l'extrême rassemblant tous les départs de feuilles à la base de la plante.

La rosette résulte de la disposition circulaire des feuilles étalées et distribuées à partir de cette partie de la plante où finit la racine et commence la tige. Les élèves peuvent associer cette forme à celle d'une étoile à nombreuses branches ou à celle d'une fleur à la corolle étalée.

► Ils ont plaisir à découvrir, à mettre au jour, à dessiner les rosettes du saxifrage à longues feuilles (*Saxifraga longifolia*) ou de la joubarbe des toits (*Sempervivum tectorum*) d'où surgit souvent un axe florifère qui va mourir après la floraison.

► On soulève les épaisseurs de feuilles, on écarte les ramifications afin de réaliser des dessins en coupe, des vues latérales ou des vues du dessus des rosettes et des coussinets.

► Touchant, palpant la matière végétale, les élèves constatent l'épaisseur des feuilles de plantes grasses ou succulentes, recouvertes d'une **cuticule** cireuse, comme la joubarbe, qui stockent là leurs réserves d'eau.

► Ensemble avec le professeur, ils établissent alors un parallèle entre les adaptations des plantes de montagne et celles des déserts.

41



41. Esparcette des montagnes et lotier corniculé (Fabacées) accrochés aux rochers, Mont Laitmaire, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

42. Joubarbe des toits (*Sempervivum tectorum*)
© Hélène Gille

43. Feuillage en rosette de la joubarbe des toits avec axe florifère



42



43

2. Se servir du dessin pour dresser un parallèle entre les plantes montagnardes et celles des zones sèches

► Dans un premier temps, l'enseignant rappelle certaines caractéristiques générales des plantes et leur rôle dans notre biosphère :

- Sans les végétaux, il n'y aurait presque pas de vie sur Terre ;
- Ils libèrent dans l'air l'oxygène que nous respirons ;
- Comme nous, les plantes respirent et transpirent ;
- La **transpiration** crée de l'humidité. Elle rafraîchit l'air de plusieurs degrés en zones sèches ou crée de la condensation en montagne lorsqu'elle est confrontée aux masses d'air froid.

Remarque :

À un certain niveau du versant des montagnes tropicales, les forêts toujours denses se trouvent noyées dans une masse de nuages car ces forêts se situent sur la ligne de front où se condensent les masses d'air qui s'élèvent du fait de la montagne. Ces végétaux accentuent la formation des nuages car ils libèrent de la vapeur d'eau par les stomates de leurs feuilles lors du processus de transpiration. La concentration de vapeur d'eau est telle que l'humidité est constante et, combinée aux vents d'altitude, empêche les végétaux de croître à cette hauteur là. Les arbres sont de petite taille, rabougris et noueux, couverts de mousses et d'épiphytes.

Exemple :

On a pu appeler poétiquement « forêt d'elfes » ce niveau de la forêt dans les monts Luquillo de Porto Rico.

- Parallèlement au processus de transpiration, les végétaux génèrent celui de la **photosynthèse** afin de synthétiser des substances nécessaires à leur croissance.
 - La plupart des végétaux sont enracinés dans le sol et absorbent de l'eau et des éléments nutritifs vitaux par leurs racines ainsi que du gaz carbonique par les stomates de leurs feuilles.
 - Grâce à un pigment vert, la **chlorophylle**, contenu dans leurs feuilles ou leurs tiges, les végétaux captent ensuite l'énergie solaire et s'en servent pour convertir l'eau et le gaz carbonique en sucres simples qui vont constituer leur nourriture. Cette réaction chimique s'appelle la photosynthèse.
 - En absorbant leur nourriture, les plantes produisent alors de la matière végétale qui va nourrir d'autres organismes vivants (herbivores).
 - Parallèlement, au cours de la photosynthèse, les végétaux rejettent de l'oxygène comme sous-produit dans l'atmosphère.

44. *Rhododendron campanulatum*, près du lac Tsomgo, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



45. Cueillette du thé, Happy Valley Tea Estate, Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin





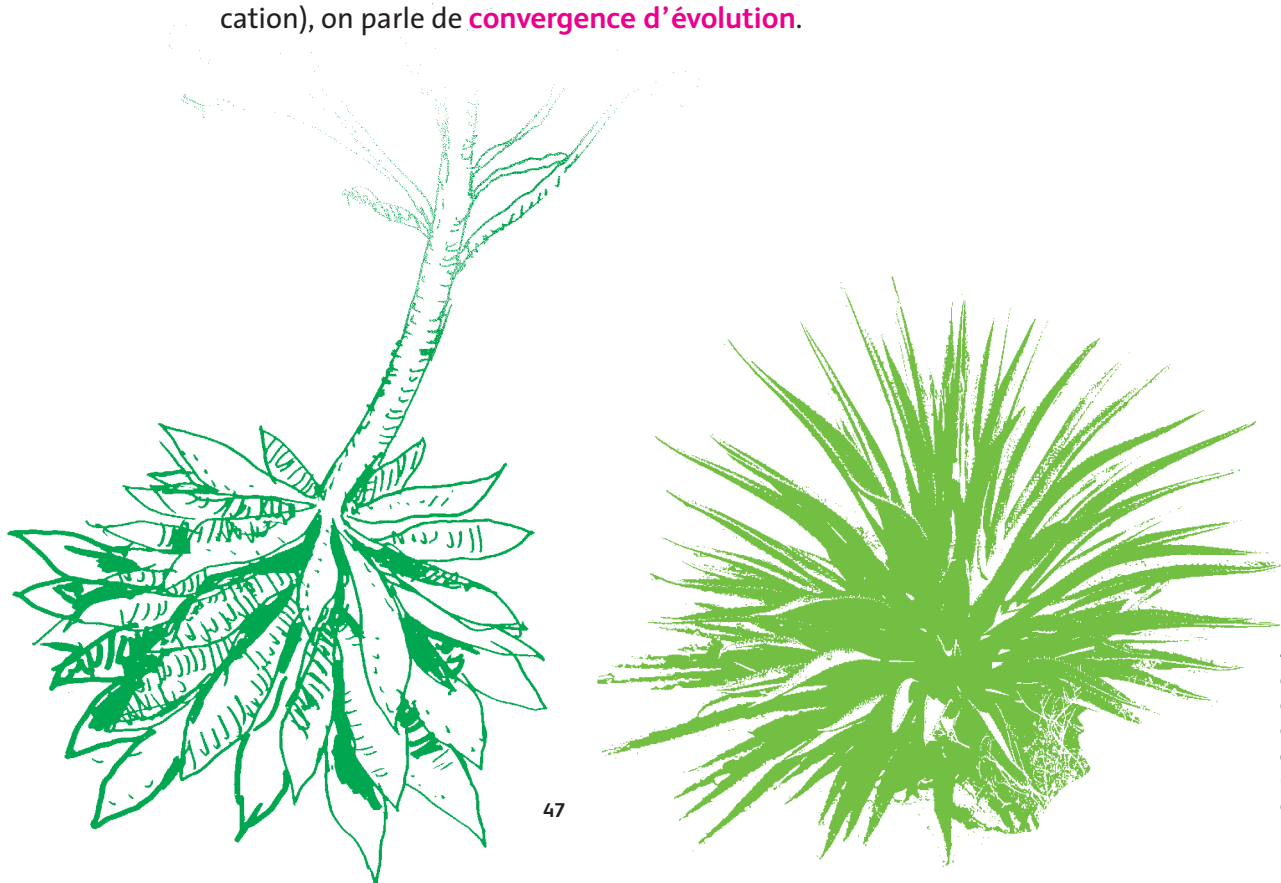
46. Forêts tropicales montagnardes
de nuages, Hawaii, USA
© Thomas Schaaf

- L'enseignant revient ensuite sur les caractéristiques principales des plantes « xérophiles » (qui aiment le sec).
- Il cite une des adaptations élaborées par les plantes **succulentes** pour faire face au manque d'eau dans les écosystèmes secs. Ils accumulent et stockent des réserves d'eau dans leurs organes spécifiques : feuilles, tiges, troncs ou même racines, ce qui explique leur forme en volume.
- Les élèves relient cette adaptation aux plantes qu'ils viennent de découvrir, à la joubarbe par exemple et ses feuilles épaissies.
- Le professeur explique :
Comme les vents du désert, les vents de montagne sont desséchants et augmentent la transpiration des feuilles. On peut même dire que la violence des vents secs d'altitude, associée aux morsures du froid, constitue une menace de déshydratation parfois plus importante que la sécheresse atmosphérique des latitudes désertiques.
- La classe saisit alors clairement la relation entre la forme de feuillages coriaces, épais, voire gonflés, observés en altitude et la lutte contre le dessèchement.
- Les élèves associent également la forme des coussinets à leur capacité à retenir l'humidité : les nouvelles pousses se développent sous les vieilles feuilles qui se dessèchent à l'intérieur du coussin, accumulant de l'humus et une forte proportion d'eau. Le milieu reste humide pendant les périodes de sécheresse.

- Même chose avec les plantes en rosette dont la partie supérieure du feuillage meurt mais reste en place, protégeant les nouvelles pousses du dessèchement.
 - Les élèves se livrent alors à une série de dessins comparatifs et amusants entre les rosettes des plantes montagnardes et les agaves ou aloès en zones sèches, entre les coussinets des hauteurs et les coussins hémisphériques des cactées du désert.
 - Ils croquent également par le dessin et certains effets de texture obtenus au crayon, l'aspect comparativement identique de plantes **tomenteuses**, qu'elles se situent en zones sèches ou en zones montagneuses.
 - Sont rehaussés ou soulignés par le trait, les petits poils de l'edelweiss (*Leontopodium alpinum*) dont les feuilles sont pourvues, afin entre autres, de conserver l'humidité.
- Également le chaud pelage blanchâtre des génépis, à mettre en parallèle avec le duvet de *Espeletia schultzei* au Venezuela qui, dans un contexte de haute montagne tropicale, fait autant écran à certaines radiations solaires excessives du jour qu'il protège la plante contre le gel la nuit.
- Sur le principe de la comparaison et grâce à une documentation réunie au préalable en classe, les élèves identifient quelques épidermes barbus parmi les plantes des zones sèches et réalisent des esquisses comparatives variées.

3. Éclairer l'idée de convergence d'évolution

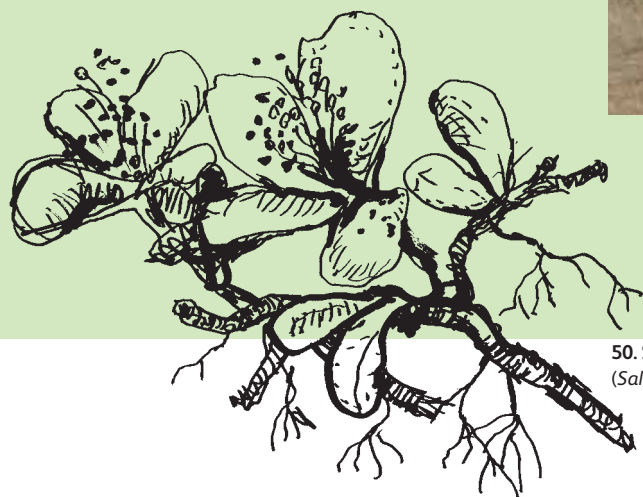
- Le professeur explique qu'il serait faux d'identifier les particularités des plantes de montagne en les rapportant uniquement à l'action du milieu ou de voir là une simple relation de cause à effet.
 - L'adaptation n'est pas l'accommodation ou l'ajustement à un contexte; les plantes des sommets ne sont pas des plantes de plaine façonnées par l'altitude, ce sont des espèces à part entière dotées d'un patrimoine génétique particulier. L'adaptation suppose l'héritage génétique. C'est au fil du temps et par l'inscription génétique qu'on peut dire que le milieu influe sur les plantes et leur confère des formes de vie particulières.
- Les plantes des sommets naissent ou germent avec leurs particularités.
- D'autre part lorsque des espèces végétales parfois éloignées géographiquement et sans ancêtre commun (appartenant à des familles différentes) évoluent de manière similaire pour résister à des conditions extrêmes (de chaleur intense ou de gel rigoureux menant parallèlement à la dessiccation), on parle de **convergence d'évolution**.



47. Dessin comparatif de plantes en rosette des montagnes et des déserts, saxifrage à longues feuilles (à gauche) et agave (à droite)



48



50. Saule à feuilles rétuses
(*Salix retusa*)



49

48. Épicéa rampant,
Col de Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

49. Pins nains,
région de Uzice, Serbie
© Natasha Lazic

Exemple :

Il existe une convergence remarquable entre certaines plantes des montagnes et des déserts qui développent un port similaire en coussins ou en rosettes ou encore se couvrent de duvets ou d'épines (là précisément, il peut s'agir d'une protection redoublée contre la dent du bétail, montagnes comme zones arides étant des terres de pastoralisme). Ces adaptations des plantes servent à se prémunir contre la déshydratation.

► L'enseignant précise qu'une autre forme de convergence peut être décelée dans le développement morphologique particulier des racines en montagne comme en zone sèche.

Dans les deux cas, le système racinaire des plantes est souvent très vaste et développé selon deux axes :

- Un système de racines horizontales, plutôt superficiel, permettant aux plantes de multiplier leur surface d'absorption d'eau (et bien sûr en montagne leur permettant de s'ancrer solidement, de résister aux vents, de s'agripper en moulant le sol comme les ligneux rampants étendant leur maillage).
- Un second système vertical, illustré par la grande racine pivotante des coussinets ancrant l'ensemble de la plante au sol mais lui permettant aussi de fouiller le substrat en profondeur et d'y puiser de la chaleur, des éléments nutritifs, et toujours de l'eau.

Par comparaison, les élèves peuvent imaginer les racines pivotantes des acacias des oueds qui, sous d'autres latitudes, s'enfoncent verticalement dans le sol jusqu'à 30 m pour atteindre la **nappe phréatique**.

4. Discerner certaines adaptations physiologiques des plantes de montagne

- À ce stade de l'activité, l'enseignant peut choisir de montrer certaines adaptations physiologiques des plantes d'altitude en privilégiant l'observation sur place à des moments clés du cycle végétal de ces plantes.
- Il choisira de préférence la période de la fonte des neiges et du début du printemps pour inviter la classe à observer la vie ralentie mais toujours active des végétaux sous la neige ou leur floraison explosive dès les premiers beaux jours.
- Il explique que les adaptations physiologiques les plus intéressantes concernent la réaction des plantes au raccourcissement de la période de végétation. Celle-ci désigne le cycle de temps nécessaire aux plantes pour accomplir leurs fonctions vitales de germination, de feuillaison, de floraison et de fructification.
- Or il précise que cette période de végétation diminue sensiblement avec l'altitude. Au-delà de 2500 m dans les régions tempérées, elle n'est plus que d'un mois et demi environ.
- La notion de « période de végétation » éclaire aux yeux des élèves le constat qu'ils font de la disparition des arbres à une certaine altitude. En effet ces êtres biologiques ont besoin d'un été long pour accomplir leur cycle végétal et alors qu'un hêtre requiert plus de cinq mois de chaleur, un mélèze ou un bouleau en requiert encore trois...

Quelles sont donc les stratégies élaborées par les plantes des hauteurs pour réagir à une période de végétation de quelques semaines ?

- Le professeur cite d'abord les rares **plantes annuelles** qui accomplissent leur cycle de la graine à la graine en une seule saison de végétation. Celles-ci parviennent à accélérer les étapes et se sont adaptées afin d'accomplir le cycle complet de germer, pousser, fleurir, être fécondé, fructifier et mourir en quelques semaines de belle saison... non sans avoir assuré la conservation de l'espèce par la dissémination de graines fertiles. Une véritable prouesse !

Ces plantes sont cependant rares car l'environnement des sommets ne leur est pas propice.

Exemples :

Ce sont des plantes de toute petite taille aux tiges minces comme les euphrasies ou la gentiane des neiges (*Gentiana nivalis*).

- Il indique ensuite les adaptations des plantes vivaces qui vivent plusieurs années et dont la souche se perpétue.
 - Ces plantes font succéder une période de vie ralentie à la très brève période de végétation. Elles usent en effet de plusieurs moyens pour rallonger leur période de végétation.
 - Ainsi, certaines plantes ont des feuilles persistantes qui leur permettent d'assimiler de l'énergie toute l'année, même sous la neige, dès qu'un rayon de soleil traverse le manteau neigeux. Elles sont ainsi abritées et poursuivent activement leur activité physiologique en préparant les jeunes pousses de leurs feuilles ou leurs boutons floraux très à l'avance.

Exemples :

C'est le cas de la gentiane de Koch (*Gentiana kochiana*), des jubarbes et saxifrages et de nombreuses Éricacées.

- Lorsque l'enseignant connaît bien le terrain, la classe peut s'amuser à déblayer un coin de neige pour repérer des bourgeons et des feuilles déjà formés.
- L'enseignant indique que ces plantes vivaces d'altitude croissent lentement, peuvent demeurer des années sans produire de graines et se multiplient plutôt selon le principe de la **multiplication végétative**.
 - D'autres plantes n'assimilent pas directement à travers la neige, ne conservent pas leurs bourgeons au ras du sol, à l'abri des rosettes de leurs feuilles, mais plutôt dans la terre où ils demeurent protégés par cette dernière.
 - L'enseignant précise qu'il s'agit là encore d'un moyen de survivre en dormance et de prolonger son cycle végétal.

Ces plantes bénéficient également du manteau neigeux qui est un excellent isolant. Profitant de la température stable et souvent positive de la terre, ainsi que de l'humidité permanente qui les



51. Trèfle des Alpes (*Trifolium alpinum*) et potentille dorée (*Potentilla aurea*) dans pelouse alpine
© UNESCO/Olivier Brestin



52. Linaire alpine (*Linaria alpina*) et marguerite des Alpes (*Leucanthemum vulgare*) sur rochers
© UNESCO/Olivier Brestin



53. Pensée éperonnée (*Viola calcarata*) et potentille dorée (*Potentilla aurea*) dans pelouse alpine
© UNESCO/Olivier Brestin

recouvre, de nombreuses plantes à bulbes (**géophytes**) mûrissent ainsi leurs graines et leurs organes souterrains et attendent des mois, voire des années (durant les périodes trop froides) pour germer véritablement, éclore et dresser leurs plantules.

Exemples :

On peut citer la campanette (*Bulbocodium vernum*), la magnifique tulipe de Gesner (*Tulipa gesneriana*) et les nombreux crocus (iridacées) dont la floraison explose littéralement au moment de la fonte des neiges, émaillant les pelouses de corolles plutôt claires.

Dans tous les cas, ces plantes influent sur la durée de leur cycle végétal, soit parce qu'elles anticipent les étapes de végétation, soit parce qu'elles résistent aux conditions climatiques extrêmes en s'économisant dans le temps (vie ralentie) et en attendant les conditions propices pour accomplir leurs fonctions vitales.

► Les élèves sont encouragés à reproduire des esquisses colorées de cette végétation vernale, des bulbes mais aussi des soldanelles et des anémones en fleur qui transforment les hauteurs en une première mosaïque colorée (la seconde viendra avec le printemps tardif). Même les rochers sont fleuris !

► La classe peut mettre en parallèle des dessins distinguant un avant d'un après et opposant le manteau neigeux immaculé à une couverture végétale émaillée de couleurs tendres et fraîches.

► L'enseignant présente une dernière forme d'adaptations physiologiques en mentionnant les plantes qui mûrissent leurs graines en gardant leurs hampes florales pendant l'hiver...

Elles trouvent là un autre moyen de prolonger le temps de mûrissement de leurs graines qu'elles conservent précieusement « emmitoufflées » dans les gaines de feuilles anciennes, dans des lichens ou dans leurs hampes florales desséchées selon les espèces.

Exemples :

Il s'agit souvent de plantes hautes que l'on voit clairement dépasser du manteau neigeux l'hiver comme la laïche ferme (*Carex firma*), mais également la gentiane jaune (*Gentiana lutea*).

► Le professeur explique que ces plantes mûrissent leurs graines à l'air, plus tardivement et que le froid humide de l'hiver, voire même le gel, sont des facteurs qui cette fois activent, plutôt qu'ils n'inhibent le mûrissement et la germination des graines.

Une fois mûres, le vent les transporte sur de longues distances et les plantes enchaînent leurs étapes de végétation.

► Les élèves peuvent produire une seconde série d'esquisses comparatives avec la floraison cette fois vivement colorée de plantes tardives (appréciant la longueur de l'hiver) comme certains pavots, les aconits, la gentiane jaune (*Gentiana lutea*) à nouveau.

5. Terminer l'activité par le principe des associations végétales

► Le professeur conclut en rappelant le principe de « groupement végétal » ou d'« association végétale ».

► Il commence par rapprocher l'idée de végétation de celle de groupements végétaux correspondant à des forêts, des maquis, des savanes ou des pelouses...

► Il poursuit en expliquant que des végétations équivalentes présentant le même fond de végétation par exemple des herbes, comme une savane sèche et une grande étendue steppique peuvent n'avoir aucune espèce en commun.

En effet même en croissant dans un climat analogue, ces végétations sont soumises à une multiplicité de facteurs comme la fréquence des pluies, le vent, l'évaporation, la lumière, la moyenne des températures, l'amplitude thermique, la nature chimique, minérale et physique du sol, ainsi que les espèces présentes sur le site.

Chacun de ces facteurs, ainsi que leurs effets combinés, agissent sur la végétation et les végétaux qui la composent. La végétation reflète donc totalement les ressources et les conditions du milieu.

► L'enseignant transpose cette idée au niveau des pelouses de montagne.

On y retrouve le même principe d'association végétale qui renvoie cette fois à un peuplement constitué d'un groupe particulier d'espèces.

► Il explique que ces espèces ne reflètent plus seulement les conditions d'un milieu mais plutôt d'un micro-milieu et d'un micro-climat.

- Elles ont été soumises au principe de la sélection naturelle car les conditions difficiles de l'altitude, en particulier les grands écarts de température, ont éliminé les espèces les moins résistantes.

- Ensuite, on ne retrouve dans une association végétale à ces hauteurs que les espèces qui supportent la concurrence de leurs voisines. Les autres ont également été éliminées.

► L'enseignant résume en précisant qu'une association végétale en altitude réunit donc des espèces exigeantes présentant des affinités écologiques qui les relient à un micro-milieu précis. Elles partagent des exigences, même si celles-ci ne sont pas exactement les mêmes.

Ainsi, il suffit que les exigences diffèrent sur un seul point pour permettre la cohabitation pacifique de deux espèces concurrentes par ailleurs.

Exemple:

En transposant à une association non plus végétale mais animale, on peut citer la cohabitation du bouquetin et du chamois qui diffèrent légèrement dans leurs préférences alimentaires.

► L'enseignant termine en précisant qu'à l'étage des pelouses en montagne, il existe une énorme diversité de micro-milieus présentant des contrastes importants d'un endroit à l'autre: on passe d'une arête ventée à une plaque calcaire aride, à une tourbière, à un bloc rocheux, à un creux où la neige persiste...

- À ces micro-milieus correspondent des communautés d'espèces bien spécifiques dont l'équilibre est maintenu par l'extrême adaptation des espèces à des contraintes naturelles précises et par la complexité des liens qui unissent chaque membre aux autres.

- Les associations végétales de haute montagne sont donc très spécialisées et plus on s'élève en altitude, plus les communautés se simplifient sous la pression de contraintes qui se rajoutent. Les associations sont alors composées de peu d'espèces et d'un nombre réduit d'individus.

Chaque espèce présente là-haut ne vit pas avec n'importe qui!

L'association est un véritable processus d'élection...

Exemple:

La campanule s'associe volontiers avec la gentiane pourpre et le rhododendron ferrugineux. Plus haut l'edelweiss cohabite presque exclusivement avec l'aster des Alpes ou la vergerette.

04 Un inventaire des plantes utiles

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
5 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

À partir d'un inventaire opéré par le dessin, la description orale et écrite, la dégustation et la mise en valeur des diverses qualités des plantes répondant aux besoins de la population, les élèves mesurent pleinement l'utilité directe des plantes dans les différents aspects de la vie communautaire.

2. Aptitudes

Guidée par l'enseignant, la classe apprend à s'informer et à s'interroger sur les modes de récolte et de consommation des plantes et, par extension, sur la gestion des ressources naturelles. Après avoir noué un dialogue avec les détenteurs du savoir local, les élèves amorcent un débat sur la gestion des ressources avec les professionnels de l'environnement.

Remarques et suggestions :

Pour cet atelier-laboratoire autour du rôle des plantes dans leur vie, les élèves et le professeur disposent d'un local ou plus simplement du fond de la classe.

Ils installent trois grands panneaux de papier sur les murs afin d'inventorier les plantes et prévoient un espace de présentation des spécimens à proximité ; l'ensemble constitue ainsi un lieu d'accueil, de dégustation et de mini-expérimentations (plantes en pots, teinture).

Le professeur menant cette activité envisage la relation de l'être humain à son environnement d'un point de vue holistique : il considère la population locale comme faisant intégralement partie de l'écosystème. Nos activités humaines qu'elles soient agricoles, industrielles, commerciales, ont un impact considérable sur les écosystèmes. Or, nous recevons constamment des produits et obtenons de multiples bénéfices des écosystèmes. Ceux-ci sont constitutifs de notre bien-être et, plus loin, de notre qualité de vie.

Dans cette perspective, l'écosystème sera avant tout perçu comme une source de récoltes et de bienfaits, un jardin au sens large dont la communauté prélève les fruits et qu'elle doit en retour « jardiner »¹ avec mesure alliant développement économique et gestion durable des ressources naturelles.

Le professeur peut envisager une classification des plantes selon trois thèmes illustrés en trois panneaux :

- A. Le jardin qui nourrit ;**
- B. Le jardin qui soigne ;**
- C. Le jardin qui protège et sécurise.**

1. Pour reprendre le terme employé par Gilles Clément dans son ouvrage accompagnant l'exposition : *Le Jardin Planétaire*, Albin Michel, Paris, 1999.

54



54. Épis d'orge,
steppe d'altitude, Ukraine
© Olivier Brestin

55. Maison en bambou,
Singtam, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

56. Tiges de bambou,
Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



55

56



Déroulement

► Le professeur divise la classe en trois groupes d'élèves en charge respectivement des trois panneaux qui permettent d'inventorier les plantes utiles à la communauté. Chaque groupe réfléchit à l'organisation de son panneau.

► Les élèves commencent à recenser les plantes par usage :

- Nourriture;
- Soins, médicaments et éléments de rituels (bien-être du corps et de l'esprit);
- Matières premières pour la construction des habitations (couvert protecteur pour la famille) et fabrication des vêtements (protection individuelle).

Certaines plantes sont employées pour différents usages et vont donc apparaître sur plusieurs panneaux.

► Guidés par le professeur, les élèves de chaque groupe visualisent alors les subdivisions à l'intérieur de leur panneau.

A. Le jardin qui nourrit

1. Classer

► Les élèves de ce groupe font un premier classement des plantes comestibles de la région selon les catégories suivantes :

- **Bulbes comestibles** comme l'ail ou l'oignon;
- **Tiges comestibles** comme les turions de bambou (*Phyllostachys edulis*) qui, cueillis très jeunes et débarrassés de leurs gaines sont très appréciés, les pétioles de céleri, de la livèche ou ache des montagnes (*Levisticum officinale*) et les tiges souterraines (tubercules) de la pomme de terre;
- **Racines comestibles** comme la carotte et le manioc (*Manihot esculenta*) dont on produit le fufou, une pâte comestible, dans les montagnes tropicales africaines;
- **Feuilles comestibles** comme le cresson d'eau (*Nasturtium officinale*) et le pissenlit (*Taraxacum officinale*);

• **Fruits charnus avec :**

- Les **baies ou fruits à pépins** comme les abondants fruits des bois, myrtilles (*Vaccinium oxycoccos*) dans les montagnes scandinaves et russes, la grenadelle (*Passiflora ligularis*) une pomme-liane que l'on trouve en altitude en région tropicale ou la goyave-fraise (*Psidium cattleianum*) aux Antilles.
- Les **drupes ou fruits à graine unique ou noyau** comme l'olive dans les montagnes méditerranéennes et l'abricot dont la culture est répandue dans les forêts et les oasis montagnardes d'Asie centrale.

• **Fruits secs avec :**

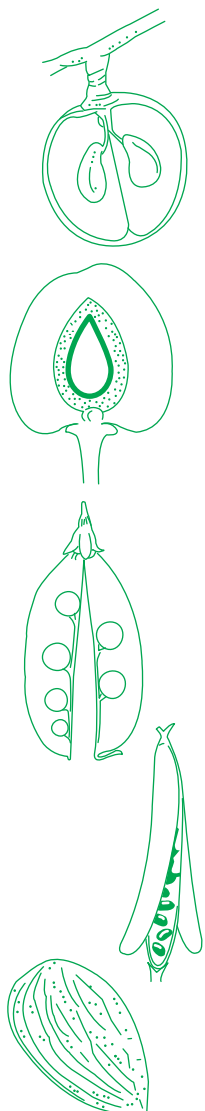
– d'une part les **fruits déhiscents** (qui peuvent s'ouvrir) comme :

- Les **gousses** des différentes espèces de pois et de haricots (de la famille des Fabacées) dont le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) ou le haricot de Lima (*Phaseolus lunatus*) dans les Andes, la grosse fève (*Vicia faba*) en Russie, le niébé (*Vigna unguiculata*) largement cultivé en Afrique tropicale.
- Les **siliques** dont la moutarde brune (*Brassica juncea*) que l'on peut trouver en altitude en Sibérie et Mongolie, utilisée pour ses graines servant de condiments ou ses feuilles à saveur piquante comme légume.

– d'autre part les fruits **indéhiscents** (qui ne peuvent pas s'ouvrir) comme :

- Les **caryopses** des poacées dont le blé ou le maïs un peu partout dans le monde.
- Les **akènes ou fruits secs à une seule graine** comme le gland du chêne kermès dans les montagnes méditerranéennes.

Les élèves obtiennent ainsi un premier aperçu des **ressources naturelles** disponibles, que ce soit des plantes cultivées ou non cultivées.





57

58



57. Plantation d'abricotiers,
Achinathang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

58. Fleurs d'abricotier,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

59. Abricots en cours de maturation,
Dah Hanu, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

60. Marchands d'abricots séchés,
Leh, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

61. Abricots séchés,
Leh, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



59

60



61



62. Femmes vérifiant le séchage de l'orge, Bitchu, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



63

63. Femme cuisant le pain traditionnel, Tiger Village, Karakorum, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

64. Pain traditionnel, Tiger Village, Karakorum, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

64

2. Dessiner sur le panneau

- Ensuite, à tour de rôle, chaque élève de ce groupe des plantes comestibles répertorie une des plantes locales choisies dans la catégorie à laquelle elle appartient sur le panneau.
- Il note le nom de la plante dans la case correspondante et réalise un dessin en couleurs de celle-ci dans cette même case.

3. Goûter

- Dès que les élèves ont listé et répertorié les plantes comestibles locales, ils peuvent se lancer dans une étape de dégustation en parallèle à l'étape de représentation sur le panneau. Pour cela, ils rapportent de chez eux des échantillons de spécimens ou de préparations à base de certaines des plantes sélectionnées.
- Selon les régions, ils proposent des soupes, des boissons fruitées, des bouillies, des galettes, des pâtes comestibles, des feuilles ou des fruits non accommodés sous le regard vigilant du professeur... On se limite bien sûr à des espèces comestibles connues. Ils testent entre eux la reconnaissance des saveurs en bandant les yeux des candidats à la dégustation qui doivent identifier la plante.
- Ils peuvent goûter deux fois la même plante en introduisant des variantes d'une recette familiale à l'autre.

Exemple :

Dans les montagnes japonaises, le haricot azuki peut être proposé sous forme d'un échantillon de bouillie avec du sucre; on peut le proposer à nouveau dans une version plus liquide contenant des graines de lotus, c'est alors «la soupe d'azuki». Dans les Andes, notamment en Bolivie, les élèves peuvent apporter un échantillon de crêpe de quinoa ou le proposer plus crémeux, mélangé à du lait...il garde son goût typique, un peu fort, «boisé», que les élèves reconnaissent en goûtant.

- Avec ce mini-atelier du goût, l'enseignant tente de maximiser les possibilités de goûter et d'identifier les différentes saveurs des plantes locales connues (disponibles ou moins disponibles); cela peut vouloir dire, pour les plantes non cultivées, de rechercher des spécimens ayant tendance à se raréfier.

Exemple :

Dans les montagnes des régions tempérées, les élèves peuvent redécouvrir le goût de l'origan (*Origanum vulgare*) comme condiment ou comme substitut du thé; ils peuvent déguster une soupe ancienne, connue mais délaissée, pourtant savoureuse, comme la soupe d'ortie à base de *Urtica dioica*, associée dans les Alpes au bugle de Genève (*Ajuga genevensis*); ils peuvent encore redécouvrir la confiture de sureau noir (*Sambucus nigra*) faite à partir des fruits (baies noires) ou le sirop de sureau à base de fleurs macérées. Attention, seules les baies cuites sont comestibles et il ne faut pas confondre les baies de sureau noir avec les baies toxiques du sureau hièble (*Sambucus ebulus*), une espèce herbacée.

4. Rechercher et intégrer l'information

► Concentrés à nouveau sur le panneau, les élèves accompagnent leurs dessins d'annotations sur l'usage des plantes comestibles après avoir effectué une recherche préalable:

- Est-ce une plante cultivée/ une plante non cultivée?
- S'il s'agit d'une plante cultivée, la sème-t-on ou la plante-t-on?
- La mange-t-on crue ou cuite?
- Quel choix d'adjectifs qualifie l'expérience gustative que l'on peut faire de la plante?
- Est-ce une espèce courante / une espèce rare?
- S'il s'agit d'une plante poussant à l'état naturel, est-elle devenue plus rare localement avec le temps?
- Est-il possible de rassembler des informations sur la **croissance de la population** de cette espèce sauvage?
- Est-ce une espèce menacée et/ou protégée?
- Cette plante contribue-t-elle à développer l'alimentation (en couvrant certains besoins nutritionnels)? Contribue-t-elle à varier l'alimentation?

Remarque:

Il est important que ces indications écrites soient intégrées visuellement sur le panneau, qu'elles soient disposées autour des dessins, qu'elles «épousent» leurs contours ou forment des blocs séparés mais identiques sur l'ensemble du panneau. Elles peuvent être synthétisées par des symboles graphiques pour signifier par exemple qu'une plante est rare ou menacée d'**extinction**.



65



66



65. Étal de fruits,
Chowk Bazar, Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

66. Étal de légumes variés
(feuilles et tiges),
Bhutia, Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

67. Petits pois et herbes
sur le marché,
Bhutia, Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

67

5. Parler des plantes locales et de la production alimentaire avec les personnes ressources

► À ce stade de l'activité, l'enseignant encourage la relation ou l'interaction avec deux personnes au moins parmi les détenteurs du savoir environnemental local :

- Un ancien (un membre respecté de la communauté) qui connaît bien la biodiversité locale en tant que source de produits alimentaires de complément et source de revenus ;
- Un agriculteur/éleveur qui connaît l'importance des plantes cultivées dans la production alimentaire et le rôle des **plantes autochtones** dans la conservation de l'écosystème local.

► L'enseignant invite la classe au dialogue avec ces acteurs locaux.

- Assiste-t-on à une raréfaction des plantes non cultivées dans certaines zones montagneuses ?
- Certaines pratiques agricoles néfastes comme :
 - le déboisement rapide (pour les besoins de bois de feu et pour dégager des pâturages),
 - l'épuisement des terres (par **monocultures** à partir d'espèces hautement sélectionnées ou du fait du surpâturage),
 combinées à l'érosion naturelle entretenue par les pentes, ne conduisent-elles pas à une dégradation des sols et de l'écosystème ?

- Cette dégradation ne constitue-t-elle pas une menace pour la **conservation** des plantes locales d'origine naturelle souvent génératrices de revenus en montagne ?

Exemples :

Les habitants des montagnes du Sikkim et du Bhoutan vendent à de très bons prix des cardamones géantes qu'ils sélectionnent parmi les espèces sauvages de leurs versants ; d'autres agriculteurs himalayens exploitent des espèces sauvages de citronniers, d'orangers ou de manguiers et les vendent sur les marchés ; en Ethiopie, on isole, on sélectionne, on vend des semences de sorgho sauvage pour les mêler aux espèces cultivées de sorgho et favoriser une fertilisation mutuelle.

- En quoi la biodiversité locale et la végétation naturelle sont-elles indispensables aux cultures (et donc à la production alimentaire) par les fonctions qu'elles assurent dans l'écosystème ?

Exemples :

Certaines plantes locales ou sauvages de la famille des fabacées comme la luzerne, les trèfles, les vesces, l'alfalfa peuvent fixer l'azote de l'air dans le sol et le rendre disponible aux autres plantes. Elles représentent donc un atout dans l'installation d'une culture qui tend à s'auto-suffire sans l'emploi massif de fertilisants.

Au Burundi, en montagne tropicale, agriculteurs et agronomes ont pu expérimenter l'association d'une légumineuse cultivée en haie entre les rangs de caféiers. Des études ont mesuré les bénéfices que procure au caféier la fixation biologique d'azote.

Dans de nombreuses montagnes des Andes et d'Asie, on réalise des rotations de cultures, alternant des semis d'espèces non légumineuses après un semis de légumineuses. La culture de céréales qui suit le carré de luzerne ou de trèfle bénéficie de l'apport d'azote fixé.

68. Culture de grandes cardamones,
Singhik, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin





69



70

69. *Andrographis paniculata*,
plante médicinale, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

70. Femme cueillant des plantes
sauvages comestibles,
Maenam Wildlife Sanctuary, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



B. Le jardin qui soigne

1. Répertoire et dessiner les plantes médicinales sur le panneau

- Un autre groupe d'élèves est constitué qui va s'occuper des plantes locales médicinales ou bien-faitrices utilisées en **phytothérapie** et en **cosmétologie**.
 - Selon le même procédé que précédemment, le groupe répertorie et dessine les essences végétales et **plantes médicinales** sur le deuxième panneau.
 - L'enseignant encourage une relation entre la classe et le guérisseur traditionnel ou herboriste qui est le spécialiste local dans le domaine.
- La classe l'invite à participer directement à la constitution du panneau.
- Il peut par exemple présenter des échantillons de plantes aux élèves ou ceux-ci l'accompagnent prélever des échantillons s'il le permet.
- À partir des précieuses indications du spécialiste, les élèves trient les plantes en fonction de leurs propriétés. Elles sont répertoriées par sections selon qu'elles sont réputées: tonique, fébrifuge, expectorante, anti-inflammatoire, digestive...
 - Le professeur peut éviter ce vocabulaire en mentionnant simplement les maux que les plantes guérissent.

Exemples :

En Chine, dans les provinces du Yunnan et du Sichuan, mais également en Mongolie, les racines séchées de l'astragale (*Astragalus membranaceus*) sont utilisées depuis des siècles comme tonique. La plante est particulièrement identifiée comme un stimulant du système immunitaire.

Dans les montagnes chiliennes, le boldo (*Peumus boldus*) est reconnu pour ses propriétés hépatiques (liées au bon fonctionnement du foie) ; ses feuilles sont cholagogues (elles stimulent la sécrétion de la bile) et la plante est un composant traditionnel des tisanes digestives.

Sur le mont Kerinci à Sumatra en Indonésie, on cultive l'espèce locale de cannelier (*Cinnamomum burmanii*) dont on extrait une huile essentielle de cannelle à partir de l'écorce. Celle-ci a un rôle antiseptique reconnu (contre le bacille de la typhoïde par exemple) et des propriétés antifongiques (elle réduit la prolifération des champignons donc des levures et des moisissures dans l'organisme). On peut l'utiliser diluée à une huile végétale lors de massages, en inhalation, ou en ajouter quelques gouttes aux préparations culinaires.

Parmi les plantes locales poussant dans les montagnes d'Europe, l'arnica des montagnes (*Arnica montana*) est connue pour ses propriétés anti-inflammatoires et sert à soigner les contusions (lésions résultant de chocs sans déchirure de la peau) et les problèmes musculaires (contorsions, elongations, échauffements). Une grande partie de la production s'effectuant encore par cueillette sauvage, il a été essentiel de protéger la plante de la demande croissante; elle est considérée comme menacée en Allemagne et en Suisse.

On peut encore citer le tussilage (*Tussilago farfara*) dont les capitules séchés sont la base d'infusions ou de sirops utilisés contre le rhume, la toux, la bronchite. La plante est expectorante (permet le rejet de sécrétions issues des voies respiratoires) et anti-tussive (calmante des toux irritées) selon les cas.

► Comme pour les plantes comestibles, les élèves réalisent les dessins colorés des plantes médicinales choisies en les classant sur le panneau. Ils prennent soin de reproduire les couleurs des capitules, le magnifique jaune orangé de l'arnica, le jaune franc du tussilage.

2. Lier soin et rites par les plantes

► Le professeur aborde la question des arômes.

► Il explique que de nombreuses plantes locales de montagne sont utilisées pour leurs exceptionnelles qualités aromatiques dans la fabrication de denrées précieuses, préparations, élixirs, liqueurs et dans la production d'**huiles essentielles**.

► Il explique que l'exaltation des propriétés aromatiques est un autre signe de l'adaptation des plantes à l'univers montagnoux, à la nécessité d'y être identifié par de rares agents pollinisateurs bravant le vent et le froid.

► Guidés par l'herboriste, les élèves constatent qu'en parallèle à leur concentration élevée en pigments, la plupart des fleurs sont gorgées de nectar et dégagent de très forts parfums.

► En classe, le professeur revient sur des exemples.

Exemples :

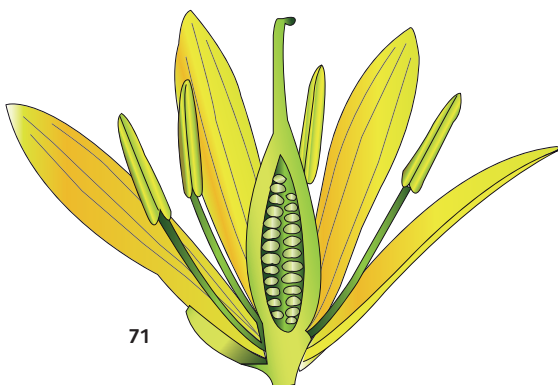
Les capitules de génépi (*Artemisia mutellina*) ainsi que d'autres parties cachées des plantes comme le rhizome et les racines de gentiane jaune (*Gentiana lutea*) sont utilisés pour élaborer des liqueurs pris es.

Les arômes naturels sont extraits par distillation comme pour la production d'huile essentielle obtenue à partir des constituants volatils aromatiques de la plante.

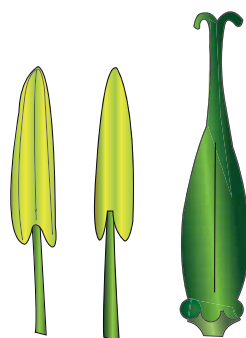
► Le professeur revient sur l'utilisation des **plantes aromatiques**, notamment sur huile de soin en cosmétologie –huiles fines produites depuis des siècles sur tous les continents pour les soins de beauté– et sur leur utilisation dans la pratique de rituels liés au culte et au bien-être de l'esprit.

Exemples :

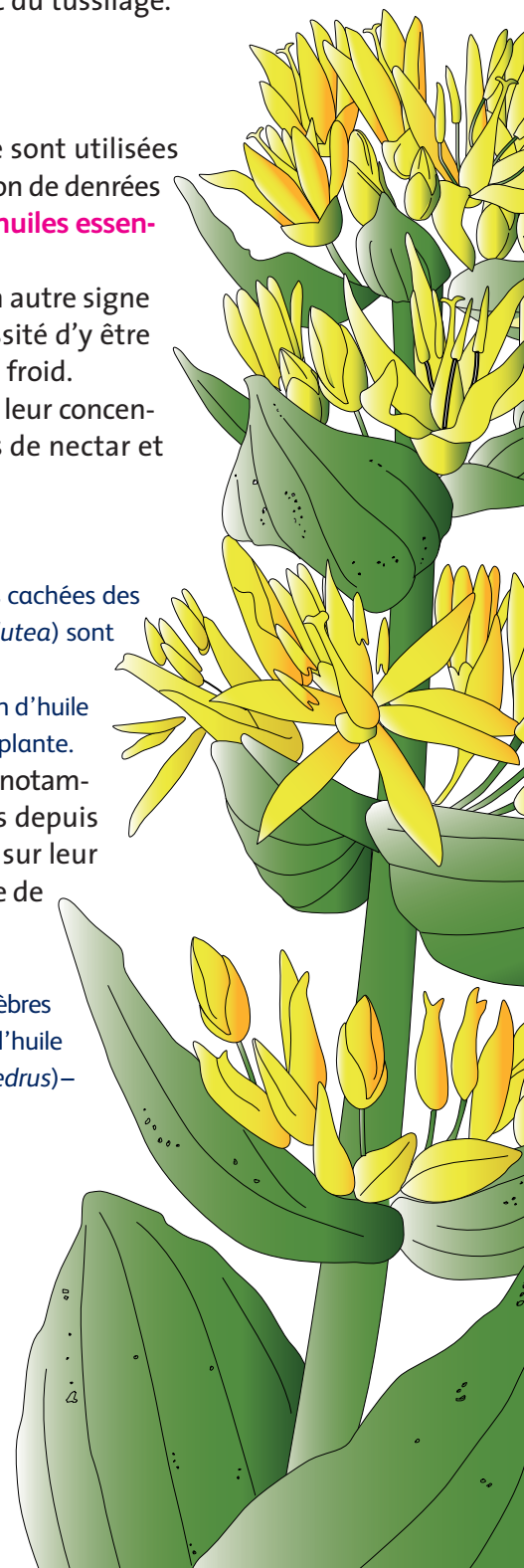
La myrrhe et l'encens sont traditionnellement associés aux cérémonies funèbres dans de nombreuses cultures des montagnes du pourtour méditerranéen ; l'huile essentielle de genévrier – en particulier le genévrier cade (*Juniperus oxycedrus*)–



71



72



longtemps utilisée pour laver les morts et lors de rituels liés à l'embaumement, l'est encore aujourd'hui pour favoriser l'harmonie physique et psychique. Les tibétains emploient les baies d'une espèce voisine (*Juniperus recurva*), également **dioïque**, dans la fabrication de leur « encens » diffusé lors de rites de purification.

► L'enseignant éclaire la dimension sacrée de certaines plantes :

– Elles le sont parce qu'associées à la pratique de la religion et à divers rituels qu'ils soient funéraires, d'initiation ou de guérison.

– Elles sont considérées comme sacrées parce qu'elles poussent sur des territoires sacralisés par la communauté. Ceux-ci constituent des espaces reculés et préservés, réservés au culte des ancêtres, souvent situés « plus haut » en montagne et en un sens « plus proches » d'une forme de présence divine célébrée par la tradition animiste locale.

Exemple :

Sur les hauteurs des Andes, situé aux marges du territoire des hommes, le páramo est un espace sacralisé qui requiert certains comportements particuliers de respect et de gestion de la part de la population. Il en est de même des forêts sacrées des sherpas tibétains.

► Le professeur précise que les rares arbres présents sur ces terres reculées sont souvent considérés comme des habitats ou des manifestations de la divinité célébrée.

Exemple :

Les sherpas du nord-ouest du Népal vénèrent ainsi des spécimens de genévrier de la même espèce que celle citée précédemment, des rhododendrons, des saules et des bouleaux situés en des points emblématiques. De petits autels destinés à la dévotion sont fréquemment élaborés à leur pied.

► L'utilisation de plantes locales lors de rituels, leur vénération comme objets de culte, leur aspect sacré et leur usage en cosmétologie sont mentionnés sur le panneau dédié aux plantes médicinales dans une sous-partie intitulée « plantes bienfaitrices » (bien-être du corps et de l'esprit).

► Les élèves spécifient les usages, apportent une information précise en harmonisant texte et dessin dans l'organisation de cette sous-partie du deuxième panneau.

3. Interroger la relation entre plantes, traditions culturelles et conservation

► Au final, la classe s'interroge sur la consommation faite par la population des plantes médicinales et bienfaitrices issues de l'écosystème local.

- Quelles sont les manières non destructrices de récolter ces plantes précieuses et souvent non cultivées ?
- Y a-t-il des cas de disparition d'espèces ?
- A-t-on cherché à équilibrer le volume des récoltes en fonction de la densité des populations de certaines espèces ?
- A-t-on cherché à limiter ou à gérer les cueillettes sauvages ?
- Quelles sont les conséquences des disparitions d'espèces sur les traditions culturelles ?

71. Étamines et pistil de la fleur de gentiane jaune (*Gentiana lutea*)

72. Inflorescence de gentiane jaune ou grande gentiane (*Gentiana lutea*)

73. Produit dérivé (bonbons) à base de gentiane jaune





74. Saules plantés,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



75. Branches de saule écorcées,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



76. Écorçage de branches de saule,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



- Les connaissances approfondies de l'herboriste ou du guérisseur traditionnel ne constituent-elles pas la mémoire vivante des relations entre écosystème local et pratique de la médecine par phytothérapie souvent nécessaire dans des montagnes difficiles d'accès?
- Redynamiser le savoir local dans ce cas précis ne participe-t-il pas à la conservation de l'écosystème?
- Ce savoir local ne peut-il être amélioré par une meilleure connaissance des dosages recommandés, des contre-effets (toxicité spécifique) ou des effets secondaires néfastes à long terme de certaines plantes?
- Les connaissances de l'herboriste ou du guérisseur ne sont-elles pas complémentaires des connaissances théoriques et scientifiques acquises à l'école?
- Comment favoriser la circulation du savoir entre les générations?
- Enfin la valeur accordée à certaines plantes lors de la pratique globale du culte n'a-t-elle pas conduit la population à protéger certaines zones de peuplement de ces mêmes plantes?
- S'agit-il de **sites naturels sacrés**? Ne peut-on s'inspirer de ces sites pour la conservation de l'environnement?

C. Le jardin qui protège et sécurise

En plus de la nourriture, des médicaments et des éléments de rituels, les plantes fournissent les matériaux servant à la construction des habitations.

- Un troisième groupe d'élèves s'intéresse à ces végétaux constituant toutes les formes d'habitats élaborés par les hommes en montagnes afin de se protéger des rudesses ou des intempéries du climat.
- Ils incluent également les espèces produisant fibres et écorces utiles dans la fabrication du mobilier ou des vêtements, une autre forme de protection physique dans le milieu.

1. Faire une première recherche

- Le professeur invite les élèves à s'informer sur les différents types d'habitats **vernaculaires** de la région.
- La classe interroge des membres bien informés parmi la communauté, ceux et celles ayant une expérience reconnue en matière de pastoralisme, d'activité forestière, artisanale, semi-industrielle...

Peut-on distinguer plusieurs types d'habitats entre lesquels les habitants se déplacent à chaque saison, d'une altitude à l'autre en fonction de leurs activités? Y a-t-il alternance entre un habitat temporaire et un habitat sédentaire pour les besoins du pastoralisme par exemple?



77. Saules émondés,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



78. Stockage de branches de saules,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



79. Plafond traditionnel en peuplier et saule,
Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

2. Répertoire des plantes utiles dans la construction et l'aménagement des habitats

► Les élèves s'interrogent en fonction des habitats sélectionnés.

Parmi les habitats nomades :

- De quoi est constituée la yourte ou *ger* fréquente en Asie centrale et largement utilisée par les nomades en Mongolie ?

Son armature est-elle en saule ou en mélèze sous l'enveloppe isolante faite de couches de feutre ?
Le treillis végétal qui constitue l'armature est-il assemblé par des cordes en crin de cheval ou d'origine végétale ?

Quel est le matériau des perches qui forment la couronne centrale ?

Est-elle démontable comme la yourte kirghize qui ne comporte pas de toile sur les revêtements de feutre et peut être aisément séchée ?

- Les huttes de chasseurs utilisées dans les montagnes du nord de la Russie sont-elles toujours protégées d'un revêtement d'écorce de bouleau ?

- Les « goths », ces abris mobiles conçus par les bergers dans l'Annapurna au Népal associent quelles autres plantes au bambou ou au rhododendron utilisés pour la construction ?

Parmi les habitats sédentaires :

- Pour les habitations des populations nordiques comme l'isba russe et sibérienne ou la kota finnoise, quelles espèces précises d'épicéas, de mélèzes, de sapins aux troncs rectilignes sont employées pour édifier les murs à partir de troncs superposés horizontalement (la technique de l'empilage horizontal, cf. photo 86, p.106) ?

Quelles espèces sont préférées pour les toits couverts de plaquettes d'écorce ?

► La classe se concentre sur d'autres types d'habitats sédentaires :

- Dans les montagnes d'Europe occidentale (Préalpes, Pyrénées) et méditerranéennes où deux tiers de la forêt primitive ont été détruits, on a souvent utilisé la pierre pour la construction de haute altitude. La plupart des édifices de montagne combine l'association de pierres pour les niveaux inférieurs et de bois pour la charpente.

Quelles espèces d'arbres ont été utilisées pour les chaînages de bois : des poutres horizontales incorporées dans les murs de pierre pour les renforcer ?

Quelles espèces ont été employées pour soutenir les lourdes charges de toitures en lauzes (grandes dalles schisteuses) ? Parfois des troncs entiers d'épicéas ou de mélèzes...

- Dans certaines régions montagneuses d'Europe où les forêts sont encore diversifiées, on perpétue certaines traditions de toits en tuiles de bois qui requièrent des bois de haute qualité pour résister à l'humidité.

Exemples :

On emploie le châtaignier pour fabriquer les essendoles des Alpes, le cœur des meilleurs épicéas pour les ancelles du Jura ; dans le Tyrol, on se sert du pin cembro.

- Après avoir étudié précisément quelques habitats sélectionnés, les élèves répertorient sur le panneau les espèces végétales qui les constituent.
- Ils divisent la partie supérieure du panneau en sous-parties qui, chacune, représente un habitat particulier et regroupe les plantes qui lui correspondent.
- Comme dans les panneaux précédents, les élèves dessinent à chaque fois un spécimen de la plante utilisée.

3. Représenter un habitat typique sur le panneau

- Le groupe d'élèves s'organise et dessine en grand un exemple d'habitat typique dans la partie inférieure du panneau. Ils choisissent d'en faire un croquis vu de l'extérieur, vu de l'intérieur, ou les deux.
- À l'aide de flèches et d'annotations, ils indiquent clairement les végétaux qui constituent la maison.
- Ils mettent en valeur les détails de construction et d'aménagement, opèrent des gros plans sur les couches de la toiture, sur la fabrication des murs, du mobilier, sur les points de fixation et les végétaux utilisés pour attacher les éléments entre eux.

Exemple :

En montagne tropicale, dans le Tamil Nadu en Inde du Sud, l'habitat toda traditionnel présente une charpente de toit faite d'acacia ou d'eucalyptus (bois dur) ou de différents bambous liés entre eux par du rotin (*Calamus pseudotenuis*) et couverte d'herbes en bottes soigneusement coupées et assemblées (*Andropogon polypticus*).

4. Faire le lien entre habitation adaptée à l'environnement et ressources naturelles

- Le professeur explique combien la population montagnarde a su tirer parti des qualités des plantes en développant dans le temps des usages spécifiques, pointus des végétaux dans la construction et l'aménagement des habitats.

- En montagne autour de la Méditerranée, au Canada ou au Japon, on sait mettre en valeur les qualités du bois de cèdre.

Cet arbre fournit un bois cassant, ce qui en limite l'emploi pour les charpentes.

Mais de qualité imputrescible, on a diversifié son utilisation que ce soit dans la construction navale, pour le recouvrement des murs extérieurs des habitations ou pour les toitures.

Son aspect odoriférant le fait apprécier dans la fabrication du mobilier précieux et funéraire.

- Dans les montagnes japonaises, les maisons traditionnelles ou actuelles reflètent encore l'abondance d'espèces riches en résine et en essence végétale.

Ces habitations présentent un certain degré d'élaboration et de gestion durable des ressources forestières en combinant les espèces et en les sélectionnant pour des emplois précis dans le détail de la maison.

Exemple :

Les écrans de bois tressés utilisés l'été pour séparer les pièces sont réalisés à partir de cyprès ancestraux et leurs entrelacs ou treillis de baguettes de bois laissent circuler l'air librement en même temps qu'ils le parfument.

- La classe peut cependant s'interroger :

Si les populations montagnardes savent tirer parti des qualités de la végétation locale, en produisent-elles pour autant des habitations adaptées à l'environnement et aux conditions du climat ? Ainsi les habitations japonaises, si elles permettent une consommation modérée des essences forestières parce qu'elles sont constituées de structures légères quasiment posées au sol, sont-elles pour autant bien adaptées aux secousses sismiques récurrentes engendrées par l'activité volcanique ?

D'autres critères – en plus d'une utilisation appropriée des ressources forestières – entrent en jeu dans un projet de construction durable en montagne...

- Le professeur guide les élèves dans leur réflexion.

Ces critères résident dans la prise en compte des courbes de niveau, de l'exposition, du relief.



80

80. Travail de bas relief sur bois de magnolia, *Darjeeling*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

81. Bas-relief sur bois de magnolia, *Darjeeling*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

82. Atelier d'un artisan boisselier (sapin et saule), *Château d'Oex*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



83

83. Outils et gabarits dans l'atelier
Château d'Oex, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

84. Toit d'étable en tavillons,
Mont Chevreuil, Château d'Oex, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

85. Tavillons (détail),
Château d'Oex, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



84



85



81

82

Ainsi une habitation bien implantée se situera souvent sur un adret ensoleillé, elle se situera sur un piton rocheux plutôt qu'en dessous, fera corps avec la pente au sens où elle y sera bien nichée, se raccordant à hauteur d'étage avec la pente à l'arrière. Si elle fait partie d'un village, le maillage des habitations sera plus ouvert, plus espacé dans le sens perpendiculaire au vent et plus resserré si les habitations font face au vent.

5. Faire le point sur l'utilisation des ressources forestières dans la construction des habitations

► Le professeur amène l'ensemble de la classe à s'interroger sur le mode de récolte et de consommation des ressources naturelles végétales, en particulier forestières, pratiqué localement.

- Ce mode de récolte et de consommation est-il durable ?
- Concerne-t-il les espèces ligneuses collectées pour la construction et l'aménagement des habitats ?
- Collecte-t-on uniformément du bois pour le gros œuvre et la construction, pour l'artisanat et la fabrication de meubles et pour se chauffer ?
- Les réserves naturelles de bois sont-elles suffisantes pour répondre à une telle demande ?

► Le professeur précise :

Quand la pression sur les ressources s'accroît régulièrement du fait de l'augmentation constante de la population sans que les ressources puissent se renouveler, le déboisement constitue une menace majeure pour la région.

► L'enseignant invite les élèves à bien cerner la situation locale et à la comparer à d'autres situations dans le monde en reprenant les exemples d'habitations sélectionnées et le mode de consommation du bois qu'ils impliquent.

86. Empilage horizontal et assemblage à queue d'arronde, isba russe, Réserve naturelle d'Ilmen, Russie
© Michel Le Berre

86



87. Chalets espacés sur la pente, Château d'Oex, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin

88. Chalet construit sur la courbe de niveau, Château d'Oex, Suisse
© UNESCO / Olivier Brestin



87

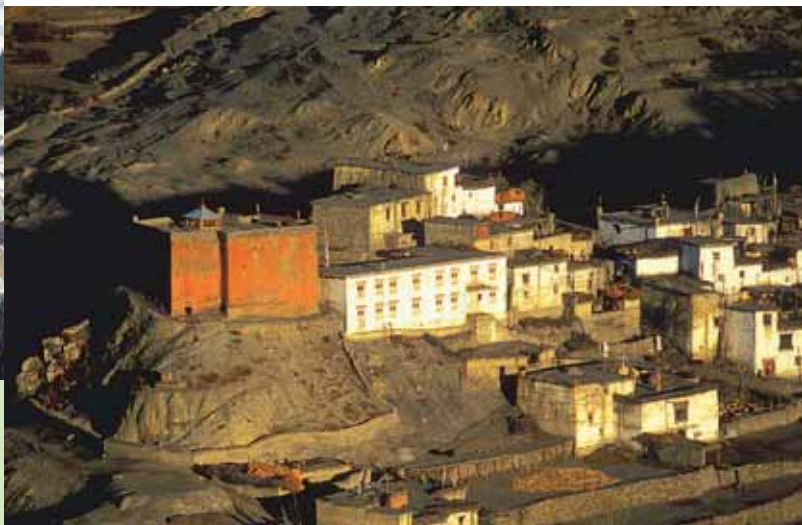


88



89

89. Les Arcs 1800,
Savoie, France
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO



90

90. Village de Jomson,
région du Mustang, Népal
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO

Quelles sont les régions dans le monde où l'abattage excessif menace l'équilibre fragile qui existe entre la population et la nature ?

Exemple :

En Asie méridionale et centrale, dans l'Hindu-Kush, dans le Pamir, l'Himalaya et en Inde du Nord, sous la pression démographique constante, des forêts éparses sont abattues à une cadence soutenue pour fournir du **bois de feu**, du bois de construction et surtout pour mettre en exploitation de nouvelles terres agricoles.

Dans ces zones, la couverture forestière devient très largement insuffisante : elle ne retient plus l'eau au niveau des sols ; que ce soit l'eau de pluies saisonnières mais très intenses en zones de mousson comme l'Inde, ou l'eau de fonte qui, en montagne, transforme de petits cours d'eau en torrents roulant des eaux boueuses et écumantes. Dans les deux cas, le résultat est catastrophique : la **déforestation** entraîne des inondations ou des coulées de boue, les sols lessivés s'érodent et s'assèchent, ce qui réduit encore la productivité.

► Le professeur entraîne la classe à analyser et à argumenter :

- Que faut-il faire dans les zones fragiles pour pallier aux besoins d'utiliser les arbres comme une source de revenus immédiats en les abattant à un taux de non-renouvellement ?
- Ne faut-il pas diversifier les moyens d'existence en combinant l'agriculture, le pastoralisme, l'**agroforesterie**, l'aquaculture de montagne, les produits de la chasse et de la pêche, éventuellement la collecte de plantes sauvages quand la gestion des peuplements le permet ?
- Ne faut-il pas développer des infrastructures de transports et d'industries pour exploiter et transformer localement les ressources variées de la foresterie ?
- Ne faut-il pas éviter de construire des habitations en puisant dans les ressources végétales et forestières pour l'édification des murs et des toitures et opter pour une construction en pierres et des couvertures, ainsi que des liants, minéraux, minimisant ainsi l'emploi du bois ?

► À ce stade, les élèves s'interrogent à nouveau sur les exemples d'habitats étudiés précédemment :

- Dans les montagnes boréales, la technique de l'empilage horizontal utilisée dans la construction et très consommatrice de bois n'est-elle pas caractéristique de l'architecture de régions montagneuses très boisées ?
- Même si la forêt boréale est immense des montagnes canadiennes aux montagnes sibériennes, les surfaces exploitées n'y sont-elles pas toujours plus importantes alors que cette forêt fournit plus de la moitié du bois d'industrie abattu dans le monde ?

• La consommation de bois nécessaire à l'empilage associée à l'abattage des arbres à des fins commerciales, à des coupes dues à l'exploitation du sous-sol ou au passage de **pipelines**, sont-elles compatibles avec une exploitation de la forêt dans le temps ?

► Le professeur précise encore :

• L'exploitation intensive de la forêt ne repose-t-elle pas sur l'exploitation de la croissance rapide d'une ou deux espèces de conifères sélectionnées alors que d'autres seraient possibles ?

• Ne défriche-t-on pas des variétés d'espèces (notamment les feuillus) pour planter une seule espèce à croissance rapide comme l'épicéa ?

► La classe termine le questionnaire en évaluant un dernier exemple d'habitat cité.

• N'est-ce pas une trop lourde charge pour les montagnes européennes que de fournir du bois de couverture pour la fabrication de tuiles de bois par exemple ?

• Les matériaux de couverture les plus récents utilisés en montagnes comme les plaques métalliques en aluminium ne sont-ils pas moins onéreux ? Moins consommateurs de ressources naturelles ? Ne permettent-ils pas l'édification de charpentes plus légères ? Là aussi moins consommatrices de bois d'œuvre ?

► Pour finir, l'enseignant invite les élèves à réfléchir à une gestion durable des ressources forestières. Quels sont les moyens de préserver l'équilibre naturel des forêts tout en les exploitant ?

– D'abord continuer à les entretenir :

• Faciliter les pousses des jeunes plants en débroussaillant régulièrement, c'est-à-dire en ôtant les arbustes et buissons envahissants.

• Couper les arbres trop vieux, pourrissants ou attaqués par les insectes.

• Replanter en veillant à favoriser la variété des essences d'arbres :

Souvent la diversité des espèces et la possibilité de substituer une espèce à une autre sont telles que les ressources locales peuvent répondre à de nombreux besoins précis de la population.

– Ensuite, surveiller les techniques de coupe :

• Pour les besoins précis, privilégier la coupe sélective qui concerne des arbres choisis et repérés au préalable ou utiliser les techniques traditionnelles de coupe comme l'élagage contrôlé ou l'**émondage** sélectif.

• Pour les besoins industriels et commerciaux, pratiquer la coupe par bandes en coupant les arbres sur certaines portions de la forêt et en les préservant sur d'autres en alternance.

• Éviter de couper les arbres verts et les jeunes pousses et les préserver du broutage ou de la collecte sauvage en contrôlant les zones de pâturage par des barrières de protection et en favorisant l'utilisation de sources d'énergie alternatives comme l'énergie solaire.

• Lors de grands travaux d'abattage, ne pas écraser les jeunes pousses en ménageant des accès et des espaces pour permettre aux engins de circuler.

91



91. Étages de végétation dans les Alpes : de montagnard (à la base) à subalpin, alpin et enfin nival

Page de droite :
92. Rivière Jacques Cartier, forêts et montagnes, Canada
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO

93. Coupe dans la forêt, Mézenc, France
© Michel Le Berre





94 ▲ 95 ▼



05 Le jardin expérimental

Niveau 
avancé

Lieu 
à l'extérieur

Durée 
sur plusieurs saisons, au rythme
de la croissance des végétaux,
patience, patience...

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Élaborer sur plusieurs années un jardin expérimental qui soit pour l'école entière un lieu test de bonnes pratiques jardinières, culturelles et de gestion forestière qui s'avèrent utiles pour la protection de l'environnement, des sols en particulier, et dans la lutte contre l'érosion naturelle en montagne.

2. Aptitudes

Acquérir une forme de compétence pratique et technique de l'entretien des cultures et de l'agroforesterie et savoir valider son expérience au contact de professionnels de l'environnement.

Remarques et suggestions :

La formation d'une équipe de plusieurs professeurs, issus parfois d'écoles différentes, est particulièrement conseillée pour cette activité. À partir d'une initiation aux bases générales de la protection de l'environnement et de la conservation, les professeurs développent un projet concret d'enseignement à partir du jardin.

Ils veillent à ce que le concept de **développement durable**, en référence à la **Décennie pour l'éducation en vue du développement durable**, soit inscrit au cœur du projet en formant les élèves à se mobiliser à long terme, pour leur propre bénéfice mais également pour le bénéfice des élèves et des générations futurs.

Le jardin expérimental est élaboré en relais de projets pilotes ou d'initiatives individuelles en matière de protection de l'environnement initiés sur différents sites choisis par les acteurs locaux. Les élèves de l'école vont ainsi « naviguer » entre le lieu test qu'est le jardin expérimental, et des espaces cultivés par les professionnels, à échelle réelle, où ils pourront, si possible, à nouveau tester leurs connaissances et leurs expérimentations.

94. Maison et jardin
de garde forestier,
Réserve naturelle d'Ilmen,
Russie
© Michel Le Berre

95. Jardin dans plantation
d'abricotiers,
Dah Hanu, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

96. Fraises sauvages
de l'Himalaya
(*Fragaria nubicola*),
Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

97. Arbres fruitiers en fleur,
Comtat Venaissin,
Vaucluse, France
© Hélène Gille

98. Fruits de *Prinsepia utilis*,
Lachung, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



96

97



98

Déroulement

1. Comprendre et intégrer les initiatives locales en matière de protection de l'environnement

- ▶ Les professeurs se réunissent avec les professionnels de l'environnement qu'ils soient acteurs ou décideurs, agriculteurs, éleveurs, forestiers, sages ou personnalités influentes, ingénieurs, chercheurs, étudiants et éducateurs.
- ▶ L'équipe enseignante s'informe sur les initiatives lancées localement en matière de protection de l'environnement, qu'elles soient le fait d'individus ou initiées en tant que projets pilotes. Celles-ci concernent majoritairement la protection, l'entretien et l'enrichissement de la qualité des sols.
- ▶ Les enseignants sont bien informés sur les écosystèmes montagnards caractérisés par des sols pauvres, souvent peu argileux en amont, et de qualité moindre:
 - Ces écosystèmes sont façonnés par la nature du terrain, le gel et le froid, le degré d'exposition aux radiations solaires, la fréquence des précipitations, certains soumis à des pluies violentes, d'autres recevant très peu de pluie mais soumis à un long enneigement et à l'impact d'eaux de fonte torrentielles comme dans les régions arides froides.
 - La formation des sols y est donc ralentie du fait des températures négatives et de la lenteur du cycle de végétation des plantes dont la période d'activité et la croissance s'étalent dans le temps.
 - La couche de terre supérieure des sols, normalement nourricière, est donc peu imprégnée d'humus, souvent fine et longue à se former, alors que les pentes facilitent l'érosion.
- ▶ Les professeurs intègrent qu'il est essentiel de savoir protéger et enrichir la couche arable du sol, cette couche supérieure qui constitue sa meilleure partie.
- ▶ À cet égard, les initiatives sont diverses et les enseignants les prennent chacune en considération. Il peut s'agir de:
 1. Établir certains diagnostics floristiques à partir de plantes indicatrices permettant d'apprécier les qualités d'un sol en altitude.
 2. Savoir fabriquer et utiliser du **compost** afin de revitaliser un sol pauvre ou d'entretenir sa fertilité.
 3. Procéder à un semis d'engrais vert sur une terre en jachère; limiter ainsi l'érosion et la **battance** du sol en améliorant sa structure et en assurant l'apport de matières organiques et d'éléments nutritifs à la culture suivante.
 4. Favoriser la rotation des cultures en alternant une culture typique des hauteurs: racines, tubercules, céréales avec une culture de **légumineuses** dont la particularité est de fixer l'azote de l'air dans le sol et de le rendre disponible aux autres plantes.
 5. Utiliser la même association de cultures et de légumineuses de façon simultanée sur les pentes par des systèmes de **cultures intercalaires** (intercropping) ou de cultures en couloirs (alley cropping).
 6. Régénérer une pelouse alpine dégradée par le **surpâturage** aux moyens de techniques adaptées à la fragilité du terrain: défrichage manuel, épandage de fumure (dans certains cas), épandage de purin vert, utilisation de paillis décomposables sur les sols très dégradés.
 7. Introduire l'**agroforesterie** en implantant des espèces ligneuses pour restaurer la fertilité du sol, par exemple sur les halos de cultures sur brûlis (dans les zones de montagnes tropicales ou d'Asie centrale fragilisées par la déforestation).
 8. De façon générale, entretenir régulièrement les forêts et apprendre à mieux connaître les essences d'arbres disponibles et leur répartition.
 9. Maintenir les ressources forestières en veillant à la variété des essences d'arbres et si besoin en replantant des essences sélectionnées élaborées en pépinières.
 10. Savoir élaborer une **pépinière** et produire de jeunes plants.
 11. Développer la mise en valeur des produits existants de la foresterie montagnarde comme les produits d'extraction, les produits de cueillette et la culture de plantes compagnes.



99



101



100

99. Cultures diverses en terrasses,
Chemdri, Ladakh, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin

100. Rizières,
Tashiding, Sikkim, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin

101. Rizières,
Dikchu, Sikkim, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin

12. Procéder à des plantations sous couvert arboré.

13. Maintenir la présence d'arbres dans les mosaïques de végétation et les paysages agricoles traditionnels (des écosystèmes de montagnes méditerranéennes ou arides) où ils jouent un rôle écologique de premier plan en fixant les sols, adoucissant le climat local et ombrageant les cultures.

► Les enseignants reçoivent une formation auprès des professionnels de l'environnement. Ils apprennent à identifier la flore sauvage locale, à fabriquer du compost, du fertilisant liquide (purin vert), à sélectionner des semences, à réaliser des semis, à cultiver des plants, à les repiquer, à mettre en place une pépinière scolaire, à entretenir une parcelle de forêt ou à comprendre la gestion d'une zone d'arboriculture fruitière.

Exemple:

Dans le cadre des actions menées par le site tunisien du projet **SUMAMAD** dans le sud-est du pays (Jeffara tunisienne), projet de recherche-action à l'initiative du Programme **MAB** de l'**UNESCO**, facilitant une étroite collaboration entre les autorités locales, les agriculteurs ou éleveurs et les chercheurs de l'**IRA** (Institut des Régions Arides), on peut imaginer que les acteurs de la communauté impliqués transmettent certaines connaissances pratiques à l'équipe enseignante.

Des facilitateurs font souvent le lien localement entre les chercheurs et les agriculteurs, souvent parents d'élèves, impliqués dans des travaux de reforestation ou d'amélioration des pâturages. Ceux-ci peuvent fédérer le groupe des différents partenaires, expliquer le bien-fondé du jardin expérimental, et les enseignants sont initiés à différentes techniques d'élaboration d'une carte locale de la végétation, d'une carte des sols, à la plantation d'espèces fourragères que ce soit des plantes arbustives locales ou des espèces ligneuses introduites.

► Une fois formée, l'équipe enseignante se réunit et élabore les axes d'action du projet pédagogique lié au jardin.

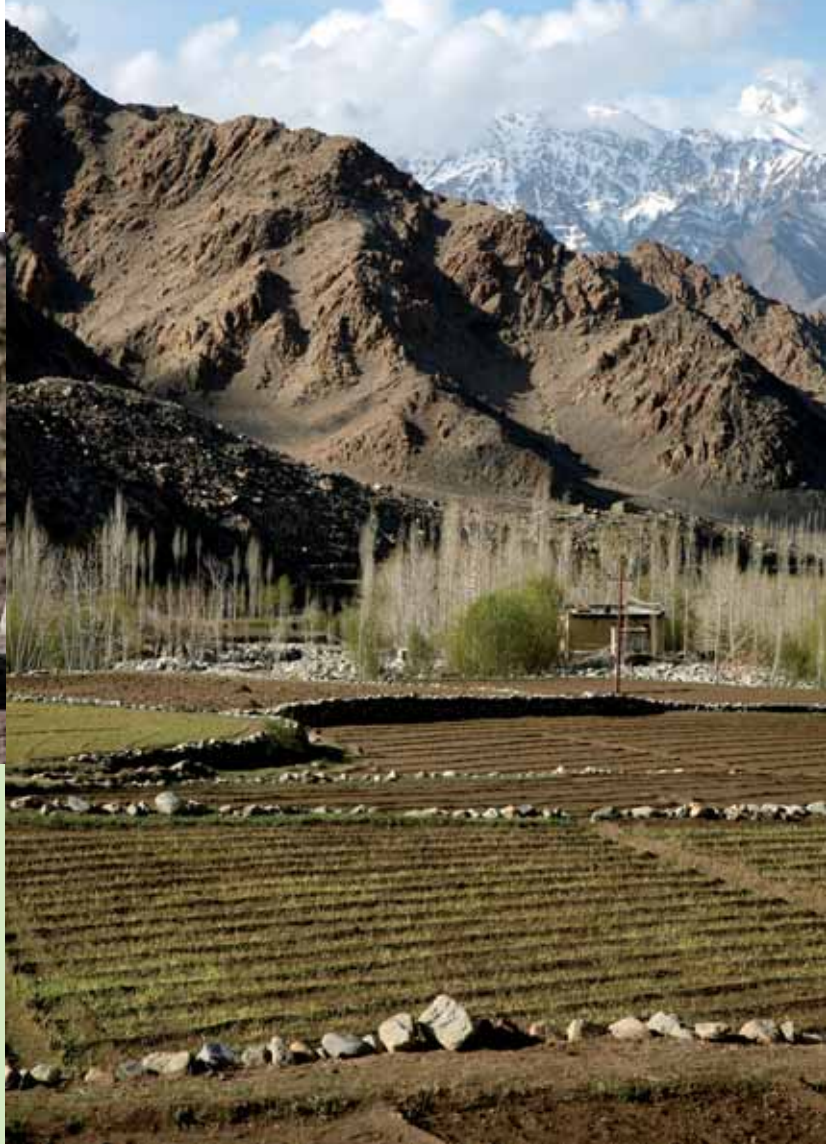
► Ensuite, on rassemble les élèves et on les informe du contexte local et des initiatives menées par la population en matière de protection des sols et de maintien des écosystèmes.



102

102. Homme repiquant de jeunes plants, *Phyang, Ladakh, Inde*
© UNESCO/Olivier Brestin

103. Champs ensemencés, *Phyang, Ladakh, Inde*
© UNESCO/Olivier Brestin



103

► Dans cette perspective, les élèves sont informés des différents thèmes d'actions pédagogiques envisagées à partir du jardin, comment ils vont être à leur tour initiés à certaines techniques pour ensuite replacer leurs expérimentations en situation réelle et les confronter aux conseils et aux techniques des professionnels.

2. Déterminer l'emplacement du jardin et procéder à un premier repérage

- L'ensemble des classes et des enseignants ainsi que les professionnels de l'environnement associés au projet déterminent collectivement le site du jardin expérimental.
- Il se situe non loin de l'école mais prioritairement en altitude et, selon les régions du monde, reflète les conditions climatiques et écologiques du massif où il se situe.

Exemple:

Dans les régions tempérées, l'écotone entre forêt et pelouse est recommandé car typique du milieu montagnard à climat saisonnier (dans la mesure où il se situe à distance raisonnable de l'école).

Cette zone est marquée par des micro-mosaïques de végétation qui reflètent bien le climat varié, les températures rigoureuses de l'altitude, l'amplitude thermique, l'intensité lumineuse, la forte pluviosité, et la présence du relief qui à cette hauteur infléchit les vents et perturbe la distribution des pluies créant de saisissants contrastes d'un endroit à l'autre.

- Le groupe de partenaires du projet affine ensuite les conditions d'implantation :
 - L'emplacement se situe sur une zone délaissée, anciennement aménagée par l'homme mais abandonnée depuis plusieurs mois ou plusieurs années, où la nature reprend le dessus, où croissent des herbes folles, des **adventices**, des **plantes rudérales** qui peuvent border un chemin s'il existe, colonisent les talus, les tas de terre, les alluvions des pentes, les décombres...

- La zone est d'autre part suffisamment étendue et présente un contraste de milieux ; au moins deux milieux différents, un milieu ouvert (type ancienne terrasse exposée au sud, pelouse subalpine dénudée et rocailleuse, prairie riche en espèces et en herbes hautes, chablis ou clairière ouvert dans la canopée (montagne tropicale), zone de steppe d'altitude) et un milieu fermé (sous-bois dense, zone forestière en partie gagnée par les broussailles mais où cohabitent diverses essences ligneuses locales, combe à neige).
- Il est intéressant que la zone bénéficie de la relative proximité d'un point d'eau (torrent, naissance de source, lac de steppe, fleuve de montagne, tourbière...).
- Enfin la zone peut comprendre un fragment de terrain particulièrement dégradé, comme une zone de pelouse réduite par le surpâturage, où le tapis végétal se déchire et le ravinement est prononcé ; ou encore une zone de steppe de « sage brush » où les graminées **vivaces** ont été comme pillées et remplacées par des chardons et des chiendents.

- Une fois toutes ces conditions prises en compte et après une visite détaillée des sites presentis, l'ensemble des partenaires du projet se fixe sur l'emplacement du jardin expérimental et en détermine précisément le périmètre.
- Les élèves, guidés par le professeur, font un premier repérage et un recensement des espèces de plantes sauvages présentes sur le site.

3. Procéder à certains diagnostics floristiques permettant d'apprécier les qualités du sol

- Suite à ce premier repérage, les élèves recherchent les conseils avisés de détenteurs du savoir local en matière de plantes sauvages indicatrices de la qualité du terrain.
 - Informés par les professeurs –eux-mêmes récemment formés– sur la relation existant entre les peuplements végétaux et les conditions du milieu, les élèves cherchent à en savoir plus.
 - Ils se rendent auprès des cultivateurs des hauteurs qui, bien souvent, savent nommer, classer et caractériser les plantes indicatrices.
- S'il est vrai qu'une indication par les plantes n'est valable qu'à partir d'un certain nombre de sujets, il est clair qu'un peuplement reflète souvent les composants minéraux d'un sol (s'il est plutôt calcaire ou siliceux) mais également sa teneur en nutriments (excès ou défaut de matière organique, éléments nutritifs présents comme l'azote, le phosphore).
- Selon la région où ils vivent, les élèves apprennent par exemple à repérer les plantes qui indiquent un excès de matière organique.

Exemples:

Quand un pâturage a été soumis à trop de fumure en raison de la présence régulière du bétail, le surplus d'azote est repérable grâce à des peuplements d'aconit napel ou de cirses très épineux.

Ailleurs, sur le sol d'une prairie de moindre altitude un peuplement très dense, envahissant, de pissenlits indiquera également un niveau de saturation de la matière organique, comme au bas d'une pente ou près de décombres un engorgement du sol par l'élément fer se traduira par un peuplement dense d'orties.

- Les élèves se familiarisent également avec le rôle joué par les plantes sauvages qui vivent aux abords et souvent dans les cultures, à l'exception des zones d'agriculture intensive où elles sont systématiquement détruites et menacées d'extinction du fait de l'utilisation massive d'herbicides et de pesticides.

Exemple:

Les agriculteurs des Andes vénézuéliennes qui cultivent le blé selon un rythme biennal se servent constamment de ces plantes pour savoir si, entre deux cultures, la terre est devenue « maigre » où si elle demeure chargée en nutriments, autrement dit « alimentée ». Ainsi la présence massive d'une poacée comme barba de caballo (*Vulpia myurus*) autour ou dans les cultures incitera le cultivateur à laisser la parcelle en jachère et la terre en repos alors que la présence d'une fabacée, le plus souvent le lupin ou chocho (*Lupinus paniculatus*) indiquera une bonne diffusion et circulation de l'azote dans le sol et donc une fertilité adéquate de la terre.

► Guidés par l'enseignant et éclairés par les connaissances des cultivateurs, les élèves prennent conscience de l'intérêt de la flore locale sauvage, des **adventices**, souvent qualifiées de « mauvaises herbes ».

Elles empêchent par exemple l'érosion des sols et aident à les structurer :

Certaines plantes sauvages en effet s'implantent sur des sols argileux, parfois très minces, aux particules serrées qui réservent peu de place à l'air ; elles contribuent à les aérer par leur puissant système racinaire dont elles se servent aussi pour remonter de l'eau et des oligo-éléments et favorisent l'implantation de nouveaux végétaux.

Exemples :

Les pieds de molène (*Verbascum phlomoides*), d'ache des montagnes (*Levisticum officinale*) ou de grande oseille (*Rumex acetosa*), avec leur longue racine pivotante qui repousse aussitôt qu'on la casse, jouent ainsi un rôle écologique en soutenant un talus et en contribuant à empêcher l'érosion de la pente.

► Les élèves comprennent l'importance des **plantes messicoles** qui sont associées aux cultures.

- Ces plantes sauvages se sont adaptées aux cultures dans le temps. Elles ont été mises en valeur avec l'invention de l'agriculture et se sont développées et diversifiées avec l'évolution des pratiques.

- Elles ont voyagé dans les sacs de grain, se sont répandues puis adaptées dans de nombreuses régions du monde et ont très vite pesé sur la composition des flores locales.

- On estime qu'environ « un tiers des plantes à fleurs d'Europe centrale sont liées aux différents types d'agriculture traditionnelle »².

- Aujourd'hui ces plantes adventices tendent à disparaître, comme le coquelicot dans les régions tempérées, du fait de leur éradication des champs cultivés (leur milieu d'origine) par l'agriculture intensive.

104



104. Exemples de fabacées des Alpes : lotier corniculé et trèfle alpin

© UNESCO / Olivier Brestin

106. Coquelicot (*Papaver rhoeas*), plante des cultures ou messicole

©Hélène Gille

105. Marguerite des champs, plante des cultures ou messicole

©Hélène Gille

105



2. Selon l'analyse de Georg Grabherr dans son ouvrage *Écosystèmes de la Terre*, Les Éditions Eugen Ulmer, trad. française, 1999.

104



106





107

107. Travaux des champs,
région de Bagmati, Népal
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO

108. Travaux des champs,
région de Gandaki, Népal
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO



108

- Or ces plantes sont des réservoirs de biodiversité; elles constituent d'abord un capital de gènes unique et quelques espèces seulement (une quarantaine en régions tempérées) abritent plusieurs centaines d'espèces d'insectes: diptères parmi lesquels les syrphes, prédateurs naturels des pucerons, tout comme les coccinelles ou les chrysopes...

- L'enseignant invite les élèves à s'interroger:

- En abritant ainsi les prédateurs naturels des ravageurs, ces plantes ne sont-elles pas un moyen naturel de protéger les cultures et de limiter l'utilisation d'**intrants** artificiels en agriculture dont les conséquences sur la santé humaine n'ont été jusqu'ici que très partiellement évaluées?

- Le maintien de ces plantes ne peut-il se faire sans entraver le rendement des cultures et en opérant plusieurs types de triage au moment des récoltes?

- Encadrée par l'enseignant, la classe réfléchit aux moyens de maintenir les plantes messicoles: en bordures de champs, sur des parties de parcelles, dans des bandes herbeuses jouxtant les cultures ou, de façon mesurée, dans les cultures... C'est le cas dans les systèmes agricoles traditionnels de montagne de nombreux pays en développement où elles ne sont pas forcément défrichées.

- Les enseignants rappellent que le jardin aura aussi une dimension esthétique alliée à sa dimension scientifique et expérimentale.

La floraison des plantes messicoles est un véritable plaisir pour les yeux; les fleurs peuvent être serrées, la floraison massive et multicolore évoquant un parterre fleuri ou au contraire plus disséminée, en taches de couleur dans des formations herbeuses qui ondoient sous le vent.

- Elles seront l'occasion de travaux photographiques (dans la mesure des moyens), de dessins colorés, de peintures, de recherches sur le symbolisme historique des adventices et fleurs sauvages dans de nombreuses cultures.



109. Homme ouvrant des sillons à l'aide d'une charrue, Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



110. Femmes ratissant la terre, Phyang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



Exemples:

En régions tempérées, le bleuet de France, le chardon emblème de l'Écosse, l'edelweiss symbole national suisse.

► Une fois cette étape de sensibilisation à la flore sauvage accomplie, la classe procède à des diagnostics floristiques sur le terrain du jardin.

Quelles sont les zones particulièrement dégradées? Quelles plantes l'indiquent?

Exemple:

Sur une pelouse subalpine à maigre végétation, un peuplement concentré de nard raide (*Nardus stricta*) accompagné de quelques plants d'arnica (*Arnica montana*) induit que le sol est devenu acide, parfois très acide. L'érosion a pu entraîner les sels minéraux et le sol s'est décalcifié en surface.

- Peut-on y remédier et comment? Par la fertilisation du sol? (voir ci-dessous).
- Les élèves sélectionnent les spécimens végétaux qui, situés en des points stratégiques du jardin, remplissent des fonctions écologiques. Ils décident de les conserver.
- En d'autres points par contre, sur les zones réservées aux futures cultures, ils entreprennent des désherbages manuels méticuleux et une préparation de la terre.
- Au regard de la flore existante, ils déterminent l'emplacement des bandes herbeuses qui vont accueillir les semis complémentaires de plantes messicoles ou mellifères.
- Enfin, collectivement, ils entreprennent de défricher la zone arborée.

4. Réaliser des travaux d'amélioration des sols en prévision des cultures

► En fonction des diagnostics établis sur la qualité des sols et des conseils avisés de spécialistes, la classe peut décider de semer un engrais vert sur les terres réservées aux cultures.

En quoi consiste un engrais vert?

- Il s'agit de la culture temporaire d'une plante à croissance rapide, choisie selon l'état du sol, pour améliorer sa capacité culturale.
- Ainsi, sur un sol érodé, tassé mais néanmoins profond, on sèmera une plante à racines profondes qui va pénétrer la terre, l'aérer et la structurer.
- Ensuite, en fonction de la richesse du sol en nutriments, on choisira une plante qui retient les nutriments excessifs comme le seigle: il absorbe les surplus d'azote... ou une plante qui, au contraire, enrichit le sol en éléments nutritifs comme une légumineuse type luzerne ou trèfle rouge: elle fixe l'azote de l'air dans le sol par son puissant système racinaire qui le distribue dans la terre, le remonte en surface et le rend disponible aux autres plantes. En fait, ce sont des bactéries (*Rhizobium*) qui envahissent les racines profondes de ces plantes, haricot et pois compris, et y forment des nodules fixateurs d'azote. Celui-ci est alors incorporé dans les protéines de la plante qui le diffuse par ses racines.
- Les élèves se familiarisent avec les techniques de semis auprès des cultivateurs et, selon les régions sèment leur engrais vert à la volée.



111. Couple labourant et semant,
Korzok, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



112. Semis de l'orge à la volée,
Korzok, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

Exemples:

Le millet peut être utilisé en Afrique orientale, en Inde et au Népal sur des sols sableux et pauvres, le seigle sur les terres pauvres et froides et les sols acides d'Asie centrale.

► Une fois la plante montée, les élèves procèdent à son enfouissement dans le sol en sollicitant l'aide mécanique des cultivateurs. En effet, l'engrais vert est destiné à être enfoui, ce qui rajoute au sol une couche de matière organique en surface et produit de l'humus favorable à sa structure.

Exemple:

Si l'engrais vert choisi est de la moutarde (*Sinapis alba*) cultivée dans les montagnes du Proche-Orient, celle-ci doit être enfouie avant l'apparition des graines qui, sinon, se disséminent... et la plante prolifère comme une adventice.

► Collectivement, la classe énumère et intègre l'ensemble des facteurs qui incitent à l'utilisation d'un engrais vert:

- Il permet, entre deux cultures, de couvrir le sol qui autrement serait exposé à l'érosion causée par les éléments et au lessivage causé par les pluies: lessivage des nutriments et perte de fertilité, lessivage des nitrates vers les eaux et pollution importante.
- Un engrais vert permet aussi de maintenir le sol ouvert, de l'empêcher de devenir compact sous l'effet du gel répétitif, du rayonnement solaire ou du piétinement du bétail.
- Il permet enfin d'occuper le sol et d'éviter la prolifération des adventices qui, en montagne, envahissent très vite un terrain du fait de l'humidité.
- Le principal atout d'un engrais vert est cependant d'équilibrer la teneur d'un sol en nutriments et bien souvent d'assurer un apport d'éléments nutritifs à la culture qui suit.

► Dans cette optique, la classe peut également privilégier l'utilisation d'un **compost** pour fertiliser la surface à planter ou à semer.

Pour cela, les élèves ont acquis la technique du compostage des semaines auparavant:

- Ils creusent un grand trou non loin de l'école et du site du jardin.
- Ils y jettent des restes issus de travaux de jardinage et de cuisine: amas de feuilles mortes, épluchures de fruits et de légumes, « mauvaises herbes » à l'exception des plantes coriaces comme le chiendent, des herbes dont les graines sont montées et des espèces franchement vénéneuses voire dangereuses mais fréquentes en montagne comme l'aconit, l'astragale, la grande ciguë, les vératres, la digitale...
- Ils y ajoutent des crottes de chèvres et de moutons, la bouse du bétail. Ils peuvent compléter le mélange en ajoutant de la paille issue de récolte, recouvrent le tout d'une couche de terre et laissent reposer pendant plusieurs semaines.
- Les professeurs montrent aux élèves comment retourner et arroser le tas régulièrement afin que tout se décompose.

Au bout de quelques temps, on obtient un excellent compost!

113



113. Village montagnard, province de Cauca, Colombie

© UNESCO / Pierre A. Pittet

114. Terrasses en pierres, Pisac, Pérou

© UNESCO / Georges Malempré

114



115. Culture d'agaves, région de Valles, Jalisco, Mexique

© UNESCO / Carlos Tomas



115

116. Femme battant l'orge, région des hauts-plateaux, Bolivie

© UNESCO / Pierre A. Pittet



116

► Juste avant de procéder au semis de cultures, les élèves répandent le compost sur la surface à semer. Pour cela, ils retournent d'abord la couche de terre supérieure, ce qui permet de l'aérer, et la mélangent en quantité égale au compost qu'ils ont préparé.

► La classe sera plutôt prudente avec l'utilisation de la fumure sur une terre qui peut être régénérée ou enrichie par d'autres moyens au moins dans un premier temps.

Répandre du fumier de ferme perturbe considérablement la composition de la terre et mieux vaut savoir au préalable si le sol n'est pas déjà chargé en matières azotées au risque de créer une surcharge.

Dans le cas où les élèves ont à maintenir ou à enrichir une zone de prairie qu'ils estiment moyennement dégradée ou qu'ils ont préalablement fauchée, ils peuvent avoir recours à la présence de bovins qu'ils mènent en pâture; cela après avoir établi certains diagnostics précis de l'état de leur sol et sans y avoir recours trop souvent...

► Sur une pelouse franchement dégradée, un autre moyen de l'améliorer peut être d'épandre un purin vert au moment du « démarrage de la végétation » en général au printemps dans l'hémisphère nord.

► Pour préparer du purin végétal en régions tempérées, les élèves peuvent utiliser une plante comme la consoude (*Symphytum officinale*), riche en potasse, et effectuer des cultures de la plante préalablement.

Par ses racines, la consoude descend très profondément dans le sol où elle puise de précieux éléments minéraux (potasse mais également calcium et oligo-éléments) inaccessibles aux autres plantes et qu'elle stocke ensuite dans la masse de ses feuilles épaisses et velues.

► Les élèves prévoient 1kg de matière fraîche pour 10 litres d'eau ; ils laissent macérer en fonction de la température extérieure (quelques jours seulement s'il fait très chaud), ils remuent pour aider la macération et arrêtent le processus avant la putréfaction (des signes clairs l'indiquent). Ils filtrent ensuite le mélange pour enlever le gros de la matière, récupèrent un liquide bien épais et procèdent à l'épandage du purin.

► Selon leur région d'habitation, les élèves utilisent des plantes locales appropriées.

Exemple:

À l'étage subandin ou à celui des alpages toujours verts du páramo, les élèves récoltent une plante à la matière généreuse dont le suc des feuilles présente des principes actifs similaires.

5. Établir les cultures et introduire l'association avec des légumineuses

► Une fois le terrain réservé aux cultures ameué et enrichi, les élèves procèdent aux semis ou à la plantation des cultures.

Là encore, rien n'est laissé au hasard :

► Écoutant et intégrant les conseils des professionnels, les élèves tiennent compte du climat local et apprennent à connaître « les bonnes expositions » pour implanter leurs cultures.

Le froid de l'altitude peut par exemple ralentir le cycle de végétation et imposer une culture tous les deux ans comme pour la culture du blé jusque vers 3 000 m ou parfois 3 500 m dans les Andes centrales.

► La classe choisit la meilleure période pour semer la terre. En fonction de la rigueur du gel hivernal et du niveau d'altitude, en tenant compte de la répartition des pluies, élèves et professeurs réalisent des semis à la volée du mois de septembre à mars selon les régions du monde.

► La classe bénéficie là de l'expérience irremplaçable des cultivateurs comme les agriculteurs andins qui ont une fine connaissance des **gradients** écologiques et des microclimats liés à l'étagement des pentes et qui diversifient très bien les cultures sur leurs terrasses étagées.

117



117. Rizières en terrasses,
Ambohimanga, Madagascar
© Michel Le Berre

118. Cultures diverses
sous serres, Baños, Équateur
© UNESCO / Alison Clayton



118

119



119. Pâturages de montagne
en région sèche, Iran
© Thomas Schaaf

120



120. Troupeau de moutons,
Achinathang, Ladakh, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



121

121. Versants dénudés
et boisés, Kirghizstan
© Thomas Schaaf

122. Bédouins près de leur tente,
Réserve de Biosphère de Dana, Jordanie
© Thomas Schaaf



122

Exemples:

À une altitude élevée dans les montagnes péruviennes et boliviennes, le quinoa peut permettre deux cultures par an. Plante à cycle court, résistant à l'aridité de l'hiver et à un gel modéré, il peut être semé à l'automne et parfois une seconde fois dans l'année si les pluies sont fréquentes.

L'amarante (*Amaranthus palmerii* ou *Amaranthus caudatus*), plante potagère dont les feuilles sont consommées comme des épinards est plutôt semée dans les Andes après les pluies, en mars. Bien adaptée au micro-climat montagneux, semée dans des sillons peu profonds, c'est une plante facile à cultiver à la main et idéale pour les jeunes jardiniers du jardin expérimental... Elle donne des résultats spectaculaires, grandes feuilles et longs épis pour une utilisation diverse: graines grillées, légumes verts ou dans la tortilla!

► Les élèves ont plaisir à cultiver une certaine diversité des plantes de montagne, en particulier à travers le maintien d'espèces rustiques comme le téosinte, l'amarante, le lupin, le quinoa, ou ailleurs le ricin, l'épeautre, la cardamome.

► Pendant un temps, ils peuvent sortir du périmètre du jardin et le rendre « nomade » en circulant entre les niveaux sur la pente pour s'initier à diverses cultures.

► En plus de semer, ils apprennent à planter... une culture de pieds de tomates par exemple, en espaçant les pieds et les tuteurs d'après la taille des espèces.

► Ils intègrent ensuite quelques plantations dans le jardin, établissent semis et plantations en fonction de l'altitude du jardin.

► Si, malgré la préparation des sols, les cultures ont du mal à s'implanter, l'enseignant invite les élèves à utiliser certaines techniques pour les renforcer.

► On apprend ainsi à associer les cultures de céréales (blé, orge, maïs) à des cultures de légumineuses (luzerne, trèfle rouge, lupin en Amérique latine) afin de permettre aux céréales de bénéficier en permanence de l'apport azoté des légumineuses.

► Ces cultures prennent la forme de bandes qui s'intercalent sur les parcelles. Il ne s'agit plus de cultures intercalaires dans le temps (comme avec l'engrais vert) mais de **cultures intercalaires** dans l'espace.

Au moment des semis, les élèves font attention à bien séparer et distinguer les bandes tout en les alternant. Les racines plus profondes des légumineuses remontent l'humidité, les sels minéraux du sous-sol et diffusent l'azote qu'elles rendent disponible aux racines moins profondes, superficielles des céréales.

► Une autre façon de conduire cette association est, pour la classe, de réaliser des cultures en couloirs. On réalise les mêmes allées de cultures annuelles de céréales, entrecoupées cette fois de haies de légumineuses arbustives comme les espèces du genre *Calliandra* (*Calliandra calothyrsus*), le néré (*Parkia biglobosa*) ou le pois d'Angole (*Cajanus cajan*).

► Les arbustes cloisonnent les cultures en couloirs et les élèves vont régulièrement les émonder afin de fertiliser ces mêmes cultures par le dessus, en tapissant le sol en surface.

Les céréales sont doublement alimentées : par les nutriments du sol qui intègrent leurs racines et par les minéraux libérés lors de la décomposition des feuilles de légumineuses en surface.

► L'intérêt pour la classe d'utiliser des légumineuses arbustives plutôt qu'herbacées est que ce sont des plantes vivaces qui se maintiennent dans le temps.

Année après année, les élèves alterneront les cultures associées au pied des légumineuses : une année ce sera une culture de céréales, l'année suivante une culture de racines (betterave sucrière), l'année d'après une culture de tubercules (pomme de terre).

► Dans la même idée de protéger les cultures sous une couverture végétale morte qui se décompose, les élèves peuvent avoir recours à la technique du **paillage**.

► En particulier dans les zones de montagnes arides et très marquées par l'érosion, les jeunes apprennent ce geste d'étaler des paillis décomposables sur ou entre les rangs de culture.

Constituée en grande partie de paille, de résidus de récolte, de chaumes de graminées comme *Aristida sp.* dans la steppe et d'autres éléments végétaux morts comme des aiguilles de pin, des feuilles mortes, des copeaux de bois ou d'écorce, cette couverture décomposable enrichit la couche d'humus et surtout maintient le sol humide longtemps, fournissant aux jeunes plantules l'humidité nécessaire et diminuant les besoins immédiats en eau d'arrosage.

123. Chercheur devant une rangée d'*Atriplex Halimus* entre cultures d'orge, Vallée Khanasser, Syrie
© Thomas Schaaf



124. Cultures intercalaires, Vallée Khanasser, Syrie
© Hélène Gille





125



126

125. Bâtiments de l'accueil, Réserve de Biosphère de Dana, Jordanie
© Thomas Schaaf

126. Végétation méditerranéenne, Réserve de Biosphère de Cuenca Alta del Rio Manzanares, Espagne
© Thomas Schaaf

127. Romarin et thym en fleurs, massif du Luberon, Provence, France
© Hélène Gille



127

6. Entretenir et mettre en valeur la zone arborée

► Pour la dernière partie des travaux, les élèves se concentrent sur la zone arborée du jardin expérimental. Ils l'observent attentivement.

La zone est-elle délaissée? Dégradée? Cette situation reflète-t-elle un état de surexploitation de la forêt au niveau local? Reflète-t-elle un manque de gestion du potentiel des ressources forestières?

► Le professeur lance un débat argumenté avec des professionnels de ces questions.

Exemple:

La pression qu'exercent les populations sur les forêts fruitières d'Asie centrale (Kyrgyzstan et Kazakhstan) est souvent trop forte pour que ces forêts puissent se régénérer naturellement.

Elles ont d'abord été surexploitées pour fournir du bois de feu et des matériaux de construction alors que leur superficie est trop faible pour couvrir les besoins des pays. Quand l'approvisionnement en bois d'œuvre s'est fait ailleurs, les forêts ont continué à être brûlées, défrichées et converties en terres agricoles pour subvenir aux besoins immédiats d'une population croissante. Aujourd'hui ces forêts sont surpâturées. On y mène paître les troupeaux de moutons et le bétail dans les sous-bois et on pratique la fenaison d'une grande partie des herbages forestiers. De plus, en l'absence d'une réelle politique de gestion concertée, les ressources fruitières (les noix en particulier) sont prélevées de manière exhaustive sans permettre aux arbres de se régénérer.

► Dans toutes les régions montagnardes où l'on brûle des forêts pour les transformer en pâturages ou en terres cultivables, les élèves sont invités à s'interroger sur la viabilité de cette pratique...

En montagne tropicale, dans les forêts d'altitude africaine, alors que la culture itinérante sur brûlis est considérée comme durable du fait de la rapidité de la végétation à se régénérer, on peut s'interroger...

Quand les arbres sont coupés et que les sols sont exposés aux pluies, la terre ne révèle-t-elle pas sa fragilité en devenant stérile au bout de peu de temps? Les espaces d'empiètement de l'homme sur la forêt ne créent-ils pas, lorsqu'ils convergent, des halos d'implantation puis des rubans de déforestation qui entraînent la fragmentation des massifs?

► Guidés par les spécialistes des services forestiers, la classe entreprend un repérage local des principales essences d'arbres de la forêt.

On privilégie les essences qui représentent une source de revenus pour la population; celles qui permettent une mise en valeur des produits de la foresterie.

Exemples:

On peut citer les nombreuses espèces fruitières des montagnes d'Asie centrale, des noyers dominants aux pommiers sauvages; le chêne-liège ou le chêne kermès des garrigues méditerranéennes, l'érable sucrier des montagnes canadiennes, l'arganier de l'Atlas, le bouleau de la taïga, l'arbre-vache (*Brosimum galactodendron*) des Andes vénézuéliennes.

► Les élèves étudient attentivement les habitats de ces espèces.

Quel versant occupent-elles? Selon quelle exposition? Quelles sont leurs plantes compagnes? Les espèces arbustives qui constituent le sous-étage? Les espèces herbacées au sol? Quelle faune ces espèces abritent-elles?

► De retour dans l'espace du jardin, les élèves retrouvent certaines espèces et entreprennent des actions de protection et d'entretien de la zone arborée.

Après le défrichage opéré collectivement, la classe perçoit mieux l'espace dont disposent les espèces pour croître.

Comment se développent les spécimens de l'espèce principale? Ont-ils bien profité des qualités du milieu? Ont-ils réussi à pousser en nombre, majestueusement?

► En dégagant le terrain, les élèves mettent en valeur les essences compagnes, les arbustes qui poussent dans le sous-étage et accompagnent les espèces principales dans leur croissance.

Exemples:

Dans les boulaies des régions montagneuses de la taïga, ce sont souvent des aulnes et des saules.

Sous les majestueux noyers des montagnes d'Asie centrale (*Juglans regia*), on trouve plusieurs variétés d'érables (*Acer turkestanicum*, *Acer semenovii*), des pruniers, des amandiers et des pistachiers.

► Après une étude approfondie des essences en place et de leur **amplitude écologique**, la classe guidée par les spécialistes, choisit d'enrichir la parcelle en veillant à la qualité et à la diversité des essences d'arbres.

Pour cela, les élèves sélectionnent et transplantent des plants obtenus dans le cadre d'une **pépinière** scolaire.

128. Agriculteur tenant un plant d'*Atriplex Halimus*,
Vallée Khanasser, Syrie
© Thomas Schaaf



129. Production de plants en sachets dans la pépinière,
Vallée Khanasser, Syrie
© Hélène Gille



► En termes de temps, le professeur sait que les semis de graines en pépinière s'opèrent des mois avant la date de la **transplantation** en pleine terre.

► On a d'abord récolté les graines : pour les arbres à noyaux, type cerisier et prunier de la famille des Rosacées, on a conservé les noyaux des fruits ; pour les noyers, on a enlevé les coques des graines pour maximiser leur chance de germer et on les sème encore fraîches, on ne les laisse pas sécher...

Pour d'autres essences fertilisantes – que les élèves voudraient introduire afin d'améliorer le terrain – on récolte par exemple des graines mûres d'acacia en les extrayant de gousses d'acacia pilées.

► Ensuite les élèves effectuent les semis directement en pots ou en sachets de polyéthylène.

Les pots sont des godets en terre cuite d'une dizaine de centimètres de diamètre ; les sachets sont d'environ 40 cm de long mais, bien que moins chers, peuvent être polluants.

► Les élèves ont préparé au préalable le mélange fertile contenu dans les godets, formé de sable et de terreau, aussi meuble que possible. Le terreau est composé de particules de roches érodées : argile, **limon**, sable, mélangées à de l'humus (matière organique décomposée).

Ils peuvent enrichir eux-mêmes la teneur du terreau en humus en y ajoutant du compost (cf. ci-dessus).

► Ils entreposent les pots sur un terrain plat, protégés d'un trop fort ensoleillement et du vent.

► Lorsque les premières pousses apparaissent, elles sont desserrées : on ne garde que la plus vigoureuse dans chaque pot et on enlève les « mauvaises herbes ».

Afin d'atteindre 30 à 40 cm de hauteur et développer un système racinaire abondant, les plants sont régulièrement arrosés par les élèves, à tour de rôle.

► Dès que la décision est prise d'installer un nouvel arbre ou un arbuste à un endroit précis, les élèves défrichent le périmètre et creusent un trou assez grand (jusqu'à 50 cm de profondeur pour un arbuste et 80 cm pour un arbre).

Ils laissent le trou à l'air libre quelques jours afin d'aérer le sol en profondeur.



130

130. Cerisiers en fleurs et système d'arrosage, Vaucluse, France
©Edmond Boyeldieu



131. Émondage de cultures de cerisiers, Vaucluse, France
©Edmond Boyeldieu

131



132. Forêt de bouleaux et strate au sol
de fougère aigle,
Raskuikha, Oural, Russie
© Michel Le Berre

► Aidés par les professeurs, ils enrichissent ensuite la terre qui a été retirée du trou. Ils la débarassent des cailloux et autres débris, ils la mélangent en quantité égale au compost qu'ils ont préparé. Le jour de la plantation, ils jettent un peu de cette terre au fond du trou pour qu'elle forme un dôme.

► Ils extraient le plant du pot en frappant tout autour de celui-ci, humidifient la motte, démêlent les racines, et installent le plant au milieu du trou, bien droit, en étalant les racines sur la terre tout autour.

Les professeurs veillent à ce que la partie supérieure des racines de l'arbre ou de l'arbuste se trouve à une dizaine de centimètres de profondeur.

► Ensuite, la classe s'occupe de remblayer; on tasse avec la main ou le pied sans trop compacter le sol. Pour finir, on creuse une petite cuvette au pied de l'arbre et on arrose abondamment (10 litres environ).

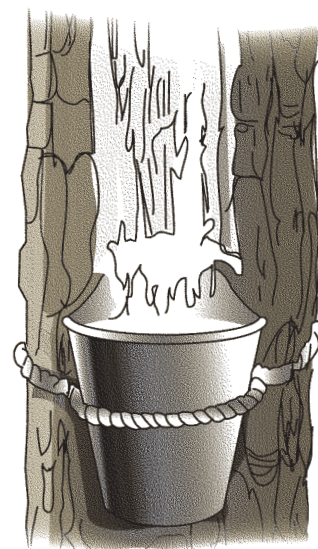
► Il faudra cependant attendre plusieurs années avant de récolter les fruits du verger... avant de goûter aux amandes, aux pistaches, aux cerises, aux prunes, aux noix.

► De la même façon, la classe attendra d'obtenir des sujets adultes pour prélever la riche sève de l'érable et en extraire le sucre ou pour effectuer des saignées de bouleau et en tirer une boisson sucrée et acidulée.

► Ainsi, au fil du temps, avant de tirer profit des fruits du jardin, la classe va développer une véritable méthode de gestion...

- On entretient et fertilise régulièrement la parcelle pour faciliter la pousse de jeunes plants;
- On isole une partie exploitable rapidement à partir d'espèces ligneuses fourragères dont on émonde le feuillage.
- On ne dérange pas le couvert forestier du verger et son milieu ombré indispensable à la reproduction sexuée pendant les premières floraisons.

Collecte de résine sur conifère



- Avec l'apparition des premiers fruits ou la mise en place des premières extractions de substance, on se limite à un prélèvement réduit sur les jeunes sujets.

- On observe des périodes de non-prélèvement et de conservation intégrale du verger, offrant à la pousse naturelle des temps de repos.

- La classe a le temps d'acquérir des gestes et des techniques indispensables à l'exploitation du jardin auprès des professionnels.

Comment opérer une saignée sur un arbre sans lui nuire ?

Comment extraire le sucre de la sève ?

Comment **démascler** des écorces, essentiellement sur le chêne-liège (*Quercus suber*) ?

Comment extraire des tannins végétaux ?

Comment prélever la résine de conifères (pour la fabrication d'huiles essentielles) ?

Comment mener une cueillette de fruits sans abimer les parties de la plante vitales à sa croissance future ? Comment entretenir la strate au sol d'une boulaie en maintenant ou enrichissant un peuplement d'arbrisseaux fruitiers (type myrtilles) ?

Comment maintenir un peuplement de plantes aromatiques riches en huiles essentielles au pied de chênes kermès (*Quercus coccifera*) nouvellement implantés ?

Comment transformer un tapis dense de plantes compagnes herbacées en véritables cultures ? d'actées ou de trille blanc sous érables, de baume de cheval ou « guérit-tout » (*Collinsonia canadensis*) sous les chênes des montagnes appalachiennes ?

- Les élèves vont ainsi apprendre à mettre en valeur les produits forestiers non ligneux.

- Ils acquièrent certaines techniques d'extraction ou de production de petites quantités de gomme, de résine, de fibre, d'huile, de miel, de liège selon les cas. Quand ils ne peuvent pas assurer le suivi de fabrication, ils délèguent la production à des partenaires extérieurs.

- Dans tous les cas, une fois certains résultats acquis, la classe invite les partenaires du projet, agriculteurs et chercheurs à venir goûter et tester les produits finis obtenus.

- Après des années d'échanges, de conseils, de transmission de savoir-faire, l'école fait la démonstration d'une gestion opérante et écologique du territoire à travers le jardin.

- Les questions de stratégie de développement peuvent alors être abordées :

Comment par exemple le fait de différencier des zones réservées, de distinguer une zone de pâturage d'une zone de développement des ressources forestières peut largement profiter à la communauté et démontrer toute la qualité d'une production diversifiée...

133. Forêt de pins sylvestre
Raskuikha, Oural, Russie
© Michel Le Berre





Chapitre 3

Préserver les ressources en eau

01

Force, flux et transparence : l'eau en montagne

Niveau

simple



Lieu

 en classe
et à l'extérieur


Durée

3 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Par l'utilisation et la manipulation de la peinture à l'eau, tester et mettre en exergue les qualités physiques de l'eau comme sa capacité d'écoulement, de ruissellement et sa transparence. Utiliser ces exercices afin d'interpréter l'action érosive et la couleur de l'eau dans l'environnement.

2. Connaissances et compréhension

À travers l'étude de l'eau dans le paysage, les élèves abordent les ressources naturelles – les nappes superficielles ou souterraines – dans le contexte du cycle de l'eau, temporel et spatial.

Déroulement

1. Mettre en valeur les qualités physiques de l'eau en utilisant la peinture

L'eau est l'élément qui éveille ou « réveille » nos sens.

► En classe, oralement, les élèves précisent leur expérience des qualités sensorielles de l'eau en montagne.

Ils discernent plusieurs moments de contact avec l'eau à l'état solide ou liquide : neige, glace, givre, torrent, ruisseau... et décrivent leurs sensations.

Exemples :

- Écouter le tassement et le crissement des pas dans la neige;
- Effleurer le léger duvet de cristaux d'une première couche de neige;
- Observer de près les motifs décoratifs du givre sur une surface froide (vitre, glace);
- Faire le constat du goût minéral et de la blancheur de l'eau du torrent tourbillonnant quand il se forme à la base d'un glacier;
- Contempler la beauté et la fertilité d'un torrent d'altitude, lorsqu'après une cascade, son lit s'élargit en bassin, en fontaine, en « marmite de géant », cerclé de pierres moussues, parcouru d'insectes, bordé d'une végétation riveraine foisonnante et peuplé de minuscules crustacés ou gastéropodes sur le fond.
- Observer les nuages qui s'élèvent avec les courants ascendants;
- Sentir l'humidité d'une zone de tourbières le soir venu;
- Écouter l'eau du ruisseau qui s'écoule, dévale la pente, contourne les obstacles, rebondit en cascades;
- Écouter le grondement d'un torrent d'eau de fonte qui charrie des débris et des blocs de roche énormes;
- Écouter le fracas d'un mur d'eau en s'approchant d'un barrage de retenue (hydroélectrique) ou de chutes concentrées.

► Les élèves examinent la relation ambivalente qu'entretiennent avec l'eau les habitants des montagnes.

Elle est une ressource extraordinaire, pure, limpide, oxygénée. Les massifs montagneux sont des châteaux d'eau où naissent et se concentrent d'énormes réserves et quantités d'eau qu'ils diffusent tout au long des pentes aux habitants des villages.



1



3



2

1. Rivière Verzasca (tourbillon)
Val Verzasca, Tessin, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

2. Torrent d'altitude (cascade)
Col du Simplon, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

3. Rivière Verzasca
(zone des sources)
Val Verzasca, Tessin, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

Parallèlement, l'eau constitue aussi une énergie considérable qui doit être canalisée et en un sens « domptée » par les populations car elle peut être dévastatrice et constituer une réelle menace pour ces mêmes populations.

Exemple :

À l'est et au sud des chaînes himalayennes, sur les versants arrosés de l'Annapurna, les villages situés à proximité des cônes de déjection sont directement menacés par les torrents dominants qui, à chaque nouvelle précipitation, rehaussent leur lit du fait des débris accumulés par les coulées.

► L'enseignant invite les élèves à utiliser la peinture à l'eau pour révéler les qualités physiques de l'eau, comme sa liquidité, sa force de ruissellement et sa transparence.

► Ils peignent à l'aide d'outils différents: le pinceau ou un objet similaire, l'éponge, le bâton, le doigt, la main. Ils utilisent divers supports comme du papier cartonné, du papier fin, recyclé, du tissu tendu sur un châssis.

► En travaillant certains gestes comme la coulure, la traînée, l'aspersion, l'égouttage, et par l'incidence du geste sur leur outil et sur la peinture plus ou moins diluée, les élèves recréent et visualisent les processus dynamiques et les traces engendrées par l'eau dans la nature.

► Ils testent au plus près la liquidité et la fluidité de leur matériau et révèlent du même coup les effets d'absorption, de recouvrement, de ruissellement et de dissolution propres à l'eau, à son action chimique dans l'écosystème quand elle décompose les matériaux du sol en une sorte de lave pâteuse, mélange d'eau et de terre coulant le long des pentes, ou quand l'eau de pluie « procède » au lessivage des sols, dissolvant et emportant les phosphates et les nitrates non absorbés vers les rivières et les mers.

► Dans un premier temps, par groupes, les élèves créent des aplats, des surfaces recouvertes, monochromes, en superposant plusieurs couches de peinture.

Ils répètent l'opération en incorporant toujours plus d'eau: la même couleur de plus en plus diluée.

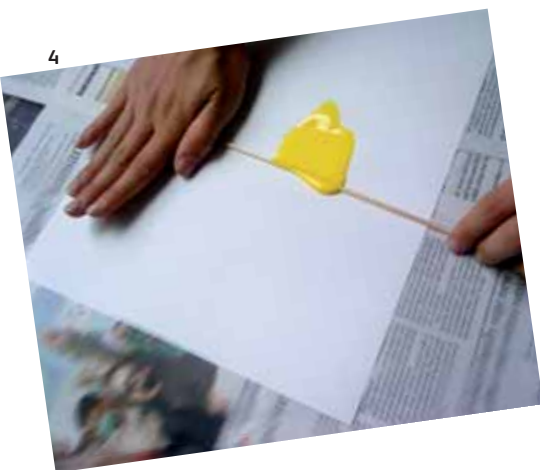
► Sur une surface dense en matière et uniforme, ils peuvent introduire à l'aide d'un pinceau imbibé d'eau, une traînée ou la trace d'un geste fluide, tout en courbes et en volutes.

Ils observent les résultats: l'eau qui fluidifie, éclaircit, entraîne la matière, son aspect coulant et dynamique, parfois l'aisance, la beauté du geste.

► Toujours guidés par le professeur, ils introduisent plusieurs couleurs, d'abord à travers des aplats juxtaposés sans temps de séchage, ensuite à travers les traces de gestes réalisées au pinceau, avec plusieurs couleurs et plusieurs pinceaux simultanément. Ils observent les coulures, les effets de débordement et de mélange obtenus.

► Ils travaillent ensuite les aspersion, les projections et des effets de goutte-à-goutte plus contrôlés. L'eau et la peinture sont absorbées par le papier. Quand elle est très diluée, la peinture imbibe le papier et le transforme.

4



4. & 5. Travaux d'expression plastique autour de la fluidité de la peinture à l'eau
© Nina Cooper

5





6

6. Femme s'approvisionnant en eau à la rivière, Batopilas, Mexique
© UNESCO/Olivier Brestin

7. Femme s'approvisionnant au point d'accès à l'eau, village isolé des Andes, Équateur
© UNESCO/Jean Cassagne



7

► Dans l'enchaînement, l'enseignant propose un exercice complémentaire :

Un élève laisse tomber une goutte d'eau colorée sur une feuille de papier et la remue dans tous les sens, de façon à ce qu'elle décrive un dessin orienté par le seul mouvement du support jusqu'à son absorption.

D'autres élèves observent les effets d'absorption et de fusion de gouttes de couleurs différentes et produisent des dessins sur le même mode.

Une fois sec, il est possible de retoucher l'ensemble des dessins obtenus à la plume ou au pinceau et d'introduire ainsi des éléments figuratifs ou des contrastes de matière.

► Enfin, la classe étudie la relation entre l'eau et un corps gras en révélant, au moyen d'un « bain révélateur », les motifs formés par un dépôt de peinture à l'huile à la surface de l'eau.

- On se munit d'un grand récipient, une bassine ou une cuvette que l'on remplit d'eau.
- Un groupe d'élèves laisse tomber quelques gouttes de peinture à l'huile de plusieurs couleurs à la surface de l'eau. On utilise cette peinture en petites quantités pour éviter de souiller l'environnement par la suite.
- À l'aide d'un bâton, d'un morceau de bois, d'autres élèves remuent ce mélange flottant. Des formes s'y organisent.
- Lorsque les formes semblent intéressantes, les élèves les capturent, les « capturent » en déposant une feuille de papier à la surface de l'eau.
- Ils ressortent délicatement la feuille sur laquelle les formes et les couleurs flottantes viennent s'imprégner et s'imprimer.

Il est possible de varier l'exercice en isolant une partie de la feuille à l'aide d'un cache (avec de l'adhésif par exemple).

Cette partie cachée protège un motif dessiné que l'on maintient en réserve. Une fois les formes « capturées », celles-ci vont fonctionner comme un fond tout autour du motif découvert. Elles pourront par exemple illustrer l'océan, la rivière, les flots.

On peut également utiliser des peignes pour modifier les formes à la surface de l'eau.

► Après avoir appréhendé l'ensemble des techniques d'expression dérivées de la peinture et de sa dimension liquide et aqueuse, les élèves rassemblent leurs créations picturales sur le mur. Celles-ci déclinent une approche à la fois sensorielle et sensible de l'eau : son aspect liquide, insaisissable, sa capacité à s'immiscer, à s'infiltrer, à déborder, à recouvrir, à dissoudre, à corroder.

2. Interpréter les traces de l'érosion hydrique dans le paysage

- L'enseignant entraîne les élèves sur le terrain où ils identifient et comprennent mieux – à l'aune des exercices menés – les traces inscrites par l'eau et son action dans le paysage et l'environnement.
- Il peut également reprendre les indications données dans les paragraphes 4 et 5 de l'activité 3 du chapitre 1: *Terre, pierre et érosion* et les compléter.
- La classe va ainsi se concentrer spécifiquement sur les traces de **ruissellement**, signes du déplacement des eaux sur les versants et les terrains inclinés.
- Pour cela, on grimpe suffisamment en hauteur pour repérer les premières traces de l'action chimique de l'eau qui, en relais des effets du gel, travaille à dissoudre les roches les plus tendres et les plus solubles comme le gypse et à altérer l'aggrégation de minéraux des roches les plus dures.
- Les élèves repèrent la naissance des rigoles dans les traces d'écoulement pâteux ou érosion en nappes, le plus en amont possible.
- L'enseignant propose ensuite de considérer l'ensemble de l'inscription physique du torrent dans le paysage.

Dans la plupart des régions du monde, on apprend à dessiner cette empreinte qui creuse, incise et remanie le versant de haut en bas.

- En amont, les élèves dessinent le vaste entonnoir ou **bassin de réception** taillé dans la roche par le rassemblement des eaux de ruissellement;
- Plus bas, ils captent la jonction des couloirs vers le canal d'écoulement où l'entonnoir se rétrécit en un «goulot» abrupt. Là, l'eau s'engouffre et force le passage, charriant parfois de gros blocs. Plus en contrebas enfin, quand le relief se tasse, les élèves représentent les talus en éventail des **cônes de déjection** où le torrent déverse tout son chargement de débris, mêlé de boue et de cailloux.

Chacun s'attache à montrer la force de l'inscription: les stries très marquées qui creusent la pente et la dénudent de toute végétation, les ravines profondes aux arêtes coupantes, aux crêtes aiguës où circule la matière et qui remodelent la pente.

- L'enseignant stimule l'imagination des élèves en leur citant des textes où la puissance de l'eau, parmi les autres éléments, est évoquée.

Exemple:

Rien au monde	L'eau vainc le roc;
N'est plus onctueux et doux	Sa douceur finit par avoir
Que l'eau,	Raison de la dureté.
Et pourtant rien de solide ou	Cela, nul au monde
De coriace	Ne peut l'ignorer ni le
Ne peut lui résister.	Maîtriser.
Car elle est immuable.	

Lao-Tseu, philosophe chinois, 570 av. J-C

- Sur les plateaux, la classe repère aussi les traces d'**infiltration** par les fissures des sols et des roches.

Quand la roche est calcaire par exemple, l'eau morcelle le relief en un **lapiaz** de fracture à partir des fissures naturelles du sol qu'elle approfondit et entre lesquelles elle s'infiltre parfois jusqu'à la **nappe phréatique**.

3. Lier l'action érosive de l'eau à des possibilités de pollution hydrique

- Le professeur explique les risques de pollution:
- Quand une grande quantité d'eau pénètre dans le sol par infiltration des eaux de pluie ou de l'eau de fonte, un élément de pollution externe comme un surplus de nitrates peut migrer verticalement avec l'eau de **percolation** et atteindre le réseau de drainage souterrain et l'eau de consommation.
- L'étude des traces érosives et les travaux de peinture à l'eau ont permis de mettre en exergue la force du transport de l'eau et sa capacité à dissoudre, à absorber, à s'immiscer.



8

8. Bassins de réception de plusieurs torrents, région de *Château d'Oex*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

10. Jonction des couloirs d'écoulement, région de *Château d'Oex*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

9. Canal d'écoulement d'un torrent, *Col du Simplon*, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



9



10



11. Cône de déjection d'un torrent, *Kalsey, Ladakh*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

12. Torrent de montagne en bas de pente, *Achinathang, Ladakh*, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



11

12

► L'enseignant précise qu'il est important de protéger les terres de montagne de toute source de pollution externe qu'il s'agisse de pesticides, d'engrais agricoles, de résidus industriels, de la décomposition issue de cadavres d'animaux abandonnés qui, absorbée, lessivée par le ruissellement et transportée pendant l'infiltration peut contaminer les rivières ou installer la pollution dans les eaux souterraines.

► Croquis à l'appui, le professeur insiste : entre les points d'infiltration situés en hauteur (sur les hauteurs du plateau calcaire par exemple) et les points de restitution (les sources où prélèvent les villageois) situés en contrebas, le transit de l'eau sous terre doit être maintenu propre, à l'écart de toute pollution, au risque d'empoisonner les populations des bas versants...

4. Se concentrer sur la couleur des eaux superficielles

► Une autre caractéristique de l'eau mise en exergue par l'utilisation de la peinture est sa transparence ainsi que sa capacité à se teindre et à se colorer.

L'eau en montagne n'est-elle que transparente ?

Toutes les eaux ont-elles la limpidité d'une source naissante ou jaillissante ?

► Les élèves se rendent à proximité de divers points d'eau et à travers notes et croquis, tentent de distinguer la couleur de l'eau présente sur place.

Exemples :

Selon la région où ils se trouvent en zone tempérée, ils peuvent atteindre les lacs terminaux en limite de vallée glaciaire à défaut de s'approcher de lacs de cirque glaciaire plus inaccessibles en hauteur.

Ils peuvent les comparer à des lacs de barrage ou des lacs artificiels situés plus bas.

Dans l'Himalaya, ils peuvent visiter les rives de fleuves de montagne comme l'Amou-Daria qui s'écoule jusque dans le Tien-Chan.

Ils peuvent observer le tumulte d'un torrent d'eau de fonte. Change-t-il de couleur à différents endroits de la pente ? En fonction de son débit ? De son environnement immédiat ? Revêt-il une autre couleur et un autre aspect quand il serpente dans la plaine avant de rejoindre une rivière ?

► Le professeur explique :

En fonction des points et des étendues où elle se trouve, l'eau apparaît sous différentes couleurs. Sa couleur dépend de nombreux facteurs :

- À l'état pur et naturel, l'eau est translucide et sans couleur. Sous un ciel bleu, l'eau reflète la couleur du ciel et apparaît bleue quand elle est pure sous une bonne profondeur ;

13. Lac de barrage, région de *Tchimgan*, Ouzbékistan
© Michel Le Berre



14. Canaux de stockage des eaux de surface, *Tiger Village*, Karakorum, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



15. Lac de *Thachung* semi-gelé, Ladakh, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



- Les teintes dominantes du paysage alentour influencent visuellement sa couleur;
- La coloration des dépôts du fond modifie sa couleur;
- La présence de matières organiques et minérales dans l'eau altère sa composition et sa couleur ; Ces matières peuvent être des substances dissoutes ou en suspension.

Exemples :

La couleur verte est donnée par la présence de substances organiques comme les algues ; un vert profond pouvant indiquer un abondant phytoplancton. Mais en haute altitude, le carbonate de calcium des sources calcaires peut également teinter l'eau en un subtil vert émeraude. Certaines substances minérales décomposées comme le fer teintent l'eau en jaune alors que la forte présence de substances humiques (produits de la décomposition végétale comme les aiguilles de conifères) peuvent donner à l'eau toute une gamme de teintes allant du noir au marron jusqu'au jaune...

► Face à plusieurs étendues d'eau stagnante, à un lac glaciaire blanc et limpide, directement alimenté par les névés, à une tourbière d'altitude dans les « bugris » d'Asie centrale, les élèves comprennent que l'eau « transporte » avec elle la couleur du milieu, immergé et émergé, qu'elle reflète et conditionne en stagnant.

► Face à plusieurs sources d'eau vive, à une cascade laiteuse issue de la fonte directe du glacier, à un ruisseau bondissant entre les concrétions de calcaire et les pierres moussues, les élèves comprennent aussi que l'eau « transporte » avec elle la couleur des milieux qu'elle a traversés. Elle a donc une histoire présente et passée...

Sa couleur peut ainsi dépendre des roches qu'elle a traversées et baignées lors de son transit sous terre entre un point d'infiltration situé en hauteur et un point de restitution situé plus bas (eau de résurgence des sources de montagne dont l'eau sourd au point où la couche **aquifère** touche la surface en pente); sa couleur peut être déterminée par les sédiments qu'elle charrie (torrent de fonte), par la végétation qu'elle a entraînée ou décomposée (rivière de la taïga, chargée de tanins et de substances humiques).

► Le professeur apporte cependant certaines nuances et met la classe en garde :

Au moyen de plusieurs prélèvements effectués à divers points d'eau, il montre qu'une eau apparemment teintée ou chargée de particules peut être plus transparente qu'elle ne paraît.

► Il explique que dans un contexte naturel et non pollué, une eau saine n'est pas forcément incolore à la vue.

► Il précise cependant qu'une fois prélevée, elle doit être limpide ou sinon, épurée, filtrée, assainie pour être consommée ou utilisée dans la fabrication de papier, de textile ou pour la production alimentaire.

16. Rivière Verzasca (lit élargi)
Val Verzasca, Tessin, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin



17. Abreuvement dans le lac sacré,
Ambohimanga, Madagascar
© Michel Le Berre



18. Lac de barrage de Tignes,
massif de la Vanoise (arrière plan), France
© Michel Le Berre





19. Source chaude,
Puja Valley, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

21. Yack domestique,
Lac Tso Kar, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



20. Lac de Thachung semi-gelé,
Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



► Inversement, une eau faiblement teintée (voire même transparente) peut être très polluée, car l'eau peut dissoudre, diluer et absorber des éléments chimiques solubles dangereux de même que certaines sources de pollution d'origine bactériologique (par les agents de la dysenterie ou du choléra par exemple) ne se repèrent pas à l'œil nu...

► Le professeur nuance en ajoutant que la plupart des traces résiduelles entraînant une pollution de l'eau sont insolubles et surnagent à la surface facilitant leur identification ; elles altèrent aussi la couleur de l'eau par endroits. C'est le cas de nombreux résidus directs de l'industrie chimique, de ceux issus de décharges de produits non dégradables ou de ceux issus de l'utilisation de fertilisants et de pesticides dans l'agriculture.

► Au final, le professeur conseille de toujours se renseigner sur l'état d'un point d'eau inconnu et d'en faire un examen judicieux avant de s'y baigner ou d'en consommer l'eau.

► Les élèves réalisent des croquis des points d'eau sous différentes conditions atmosphériques et à divers moments de la journée.

Sur un même site, les changements d'intensité lumineuse font varier la couleur de l'eau.

► Ils produisent également des croquis sous différents angles : avec un point de vue surplombant, de près, de loin.

Là encore, la couleur de l'eau varie.

► De près, ils captent le détail de la nappe d'eau qui n'est pas d'une couleur uniforme et tentent de saisir, au crayon de couleur, le jeu des reflets et de leurs ombres colorées à la surface.

5. Inscrire la compréhension de l'eau dans l'idée de cycle

► Pour clore l'activité et mettre en valeur l'idée d'histoire et de temps dans le cheminement de l'eau, la classe se rend près des différents points d'accès à l'eau potable : la fontaine sur la place du village, une pompe à eau saine alimentant l'arrosage des cultures sur la pente, une source naturelle trouvant sa voie par une ouverture et jaillissant de terre.

► Les élèves réalisent plusieurs dégustations de l'eau potable.

Si celle-ci est souvent inodore, elle a par contre un goût qui reflète lui aussi les caractéristiques des milieux que l'eau a traversés.



22. Drainage naturel et irrigation sur pelouses alpines calcaires, Col du Petit Saint-Bernard, Italie
© Michel Le Berre



23. Lac alpin entouré de tourbières, Col du Petit Saint-Bernard, Italie
© Michel Le Berre

Formation d'un lapiaz par ruissellement des eaux de pluie sur un sol calcaire

► Comme il n'est pas toujours facile de qualifier ce goût, le professeur fait appel au sourcier du village. Celui-ci peut souvent, à partir d'un examen de la forme du relief et de la hauteur du massif, situer la présence d'une nappe aquifère peu profonde dans le sol.

► Il précise le cheminement de l'eau depuis son ruissellement sur les hauteurs, son infiltration à travers les fissures naturelles des roches et sa lente migration à travers les sols.

► Le sourcier, qui est souvent un « goûteur » d'eau et qui connaît bien la géologie des lieux, peut aider les élèves à qualifier le goût des eaux qu'ils prélèvent. Selon qu'elles auront traversé certains sols ou certaines roches et couvertures végétales, elles auront un goût de soufre, de fer, d'iode, de calcaire, parfois un arrière-goût végétal.

Reconnaître des variations plus subtiles nécessite d'être entraîné, mais les goûteurs d'eau se réfèrent au camphre, au concombre, à l'oignon...

► Reprenant l'analyse du cheminement de l'eau potable, le professeur fait la relation entre l'eau que nous buvons et l'eau souterraine prélevée à la pompe : dans le meilleur des cas, nous consommons une eau filtrée naturellement par son passage dans le sol et la roche, qu'elle soit extraite de la nappe phréatique par forage ou qu'elle alimente une source sortant et jaillissant de terre.

► Il établit une seconde relation entre l'eau potable prélevée sous terre et l'eau de surface qui s'infiltré et devient souterraine. Il s'agit de la même eau : d'abord superficielle et issue des précipitations, elle devient souterraine par infiltration, pour remonter à nouveau partiellement en surface, selon divers moyens :

- Par affleurement de la nappe aquifère à la surface du sol, le principe même de la naissance de source en montagne. Du fait de l'action du climat sur un relief toujours changeant, des fentes occasionnent des suintements et la naissance de sources.

- Par des forages réalisés directement dans les nappes phréatiques par les populations, afin de satisfaire leurs besoins permanents en eau de consommation et en eau d'irrigation.

Le professeur indique aussi qu'un retour des eaux en surface s'effectue par **évapotranspiration** (cf. Chap 2, act. 3, p.86) :

- L'eau est absorbée par les racines des organismes végétaux et transpirée par leurs feuillages.

Ce dernier point permet d'évoquer le cycle de l'eau qui constitue la thématique de l'atelier suivant.

02 Le cycle de l'eau

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu 
en classe

Durée 
3 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En se concentrant sur les états solide, liquide et gazeux de l'élément eau, la classe, guidée par le professeur, entreprend de situer ces états transitoires dans l'enchaînement des étapes du cycle de l'eau.

2. Connaissances et compréhension

À travers une série de « tableaux sonores » qu'ils apprennent à animer par le mime et le bruitage, les élèves assimilent le processus du cycle de l'eau et perçoivent son impact sur l'environnement.

Déroulement

1. S'intéresser aux états de la matière « eau » et à l'origine de l'eau en montagne

► Le professeur invite la classe à discerner les trois états de l'eau : liquide, solide, gazeux.

Il peut conduire certaines expériences simples à ce sujet.

► Les élèves font chauffer de l'eau et observent l'**évaporation** ; la vapeur d'eau matérialise le passage de l'état liquide à l'état gazeux (tout en contenant encore des gouttelettes d'eau qui font qu'on la voit à l'œil nu).

Pour observer la transformation de l'eau liquide en solide et inversement, il faut disposer d'un réfrigérateur qui n'est pas toujours disponible en régions rurales montagneuses. Dans l'éventualité où l'on dispose d'un tel équipement, la classe constitue de la glace puis laisse fondre un gros glaçon au soleil.

► On place aussi une vitre froide au-dessus d'un récipient d'eau bouillante pour observer le passage de l'état gazeux à l'état liquide, sous l'effet de condensation immédiate de la vapeur d'eau.

► Le professeur propose aux élèves de trouver une liste de noms, de substantifs à associer aux adjectifs : liquide, solide, gazeux.

Exemples :

À l'état liquide, sont associés : pluie, orage, eau de fonte, torrent, cascade, chute, ruisseau, rivière, lac, étang, tourbière.

À l'état gazeux : vapeur, brouillard, brume (ce qui n'est pas tout à fait correct, puisque la buée ou le brouillard sont en fait des formes liquides de l'eau, obtenues par condensation de la vapeur d'eau ; cette dernière étant proprement invisible à l'œil nu).

À l'état solide : grésil, givre, grêle, grêlon, glace, flocon, neige, glacier, banquise.

► Individuellement, chaque élève résume en quelques lignes ce que chaque état de l'eau, sous ses diverses formes, évoque pour lui.

Qu'évoque la neige pour un enfant habitant les hauteurs ?

La tourmente ? La bourrasque ? Le froid ? Le manteau neigeux ? L'isolement ? L'attente ? Les jeux ? L'avalanche ? Un régime alimentaire d'hiver ?



24. Le massif de la Vanoise,
vu du Col du Petit Saint-Bernard, France
© Michel Le Berre

Qu'évoque la fonte des neiges? Une immense réserve d'eau? Le retour du printemps? Une saison de transition rapide? L'explosion de la végétation? D'autres jeux?

La participation aux premiers travaux agricoles de la saison?

Exemples:

Dans les montagnes du Népal, gratter à la houe les lopins de terre, semer le sarrasin, planter les pommes de terre...

La participation aux travaux d'entretien des pentes?

Edifier des barrages en **gabions**? Entretenir l'état des murs de pierres sèches? L'état des ponts?

Participer à la restauration des terrasses?

► À partir d'une documentation disponible ou préalablement rassemblée, l'enseignant illustre, par images, les états de l'eau qu'il décrit et commente.

► Il apporte quelques précisions préalables à la compréhension du cycle de l'eau au cours duquel les états transitoires de l'eau se succèdent:

- L'eau douce est une denrée rare;
- 70% de la surface du globe est couverte d'eau, qui à 97,5% est salée; ce sont les mers et les océans;
- Seulement moins de 3% de l'eau est douce; celle-ci est pour la plupart inaccessible, prise dans le volume des glaciers (plus de 98% des eaux douces) ou reposant dans des **nappes phréatiques** très profondes. Au total, environ 1% de l'eau douce est accessible à partir de sources débouchant à l'air libre, de ruisseaux, de rivières, de lacs, d'étangs, de réservoirs artificiels et de **lacs de barrage** et à partir des nappes souterraines que l'on exploite en forant des puits, en installant des pompes.

- Ces ressources sont limitées même si, souvent, elles se renouvellent car l'eau est en mouvement, circulant entre l'océan, l'air et la terre en un cycle complexe que le soleil maintient en activité.

- Le professeur rappelle l'importance des glaciers (voir leur formation au paragraphe ci-dessous) qui, en stockant 98 % des eaux douces de la planète, constituent une réserve d'eau considérable et précieuse...

Il signale qu'il existe plusieurs types de glaciers de montagne :

- La calotte glaciaire perchée sur des sommets peu accidentés, presque nivelés, qu'elle « coiffe » d'une couche de glace bombée.

- Le glacier de cirque (ou glacier suspendu) limité à un cirque en altitude où s'établit le bassin d'alimentation qu'il ne quitte plus.

- Le glacier de vallée qui lui s'étend, s'écoule vers le bas partant d'un bassin d'alimentation formé de plusieurs bras qui se rejoignent au pied de pics dominants et prolongé d'une rivière de glace imposante, à la fois large et longue.

- En expliquant le principe de fusion, l'enseignant indique que l'eau de fonte du glacier alimente un torrent sous-glaciaire qui s'échappe par le front du glacier.

Si le glacier assure une telle réserve d'eau en aval c'est parce qu'il maintient un écoulement constant par gravité à travers le réseau fluvial et les nappes souterraines. En effet contrairement au débit de cours d'eau d'autres origines, les torrents sous-glaciaires augmentent leur débit l'été grâce à la fonte des neiges et des glaces.

Exemples :

La contribution de l'eau des montagnes suisses au débit du Rhin est considérable et cela bien au-delà des Alpes et jusqu'aux Pays-Bas. Celle-ci atteint 50 % du débit l'été, au moment où les agriculteurs implantés non loin des rives en ont le plus besoin.

Dans les hautes terres habitées, l'eau de consommation est directement issue de la fonte des glaciers. Qu'elle ruisselle en surface ou s'infilte dans le sol pour alimenter les nappes souterraines cette eau est directement recueillie dans des réservoirs artificiels ou des lacs de barrage où elle est traitée pour être consommée. Il en est ainsi pour les villes de La Paz et d'El Alto en Bolivie qui tirent la quasi totalité de leurs besoins en eau des glaciers qui les environnent.

- À ce stade de la réflexion, le professeur signale que cet approvisionnement précieux en eau glaciaire est en fait menacé.

Alors que les montagnes fournissent la majorité de l'eau s'écoulant en aval, les glaciers reculent et disparaissent depuis 1850 ; selon l'avis des experts, ce recul est directement imputable à l'augmentation des **gaz à effet de serre** et au **réchauffement climatique** causé par les activités humaines.

Exemple :

Dans ce processus de recul des glaciers, il apparaît que les glaciers de montagne fondent plus vite que les glaciers polaires ; ainsi la mer de glace, au sommet du Mont Blanc, en France, a reculé de 9 kms depuis 1850 et pour la même période le nombre de glaciers des Montagnes Rocheuses est passé de 150 à moins de 50.

- Avant d'aborder dans le détail les étapes du cycle de l'eau, l'enseignant précise que le réchauffement climatique a un double impact sur ce cycle en montagne :

- D'une part, le réchauffement des sols crée plus de condensation qui entraîne plus de précipitations et donc plus de neige.

- D'autre part, l'élévation générale des températures active la fonte des glaces...

En conséquence, le processus de réchauffement dans son ensemble entraîne une intensification du cycle de l'eau qui à la fois génère et « traite » plus de neige et plus de fonte.

Or l'intensification du cycle de l'eau en montagne n'est pas sans présenter certains inconvénients (cf. par. ci-dessous).



25



26



27

25. Glacier du Grand Paradis,
Val d'Aoste, Italie
© Michel Le Berre

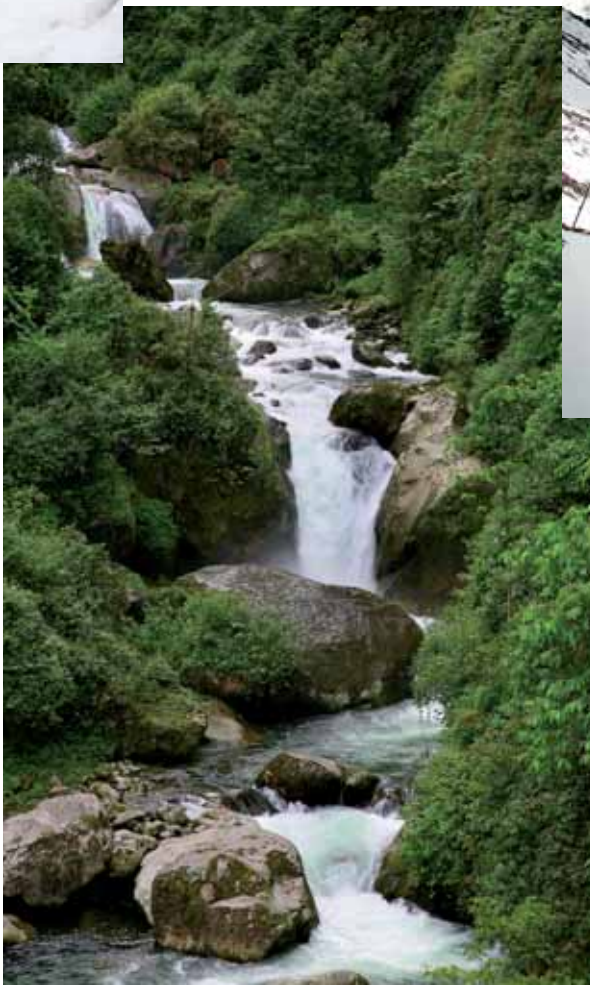
26. Glacier d'Aletsch,
Suisse
© András Szöllösi-Nagy

27. Fonte des neiges,
Khardongla Pass,
Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

28. Khardongla Pass
enneigé
© UNESCO/Olivier Brestin

29. Torrent de montagne,
Burtuk, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

30. Renforcement
des rives du torrent
de *Valnontey*
par des lignes
de gabions,
Val d'Aoste, Italie
© Michel Le Berre



29

28



30



2. Décomposer pour mieux les comprendre les étapes du cycle de l'eau

► À ce stade, le professeur réalise un schéma du cycle de l'eau qu'il dessine librement ou recopie au tableau. Il commente ensuite les principales étapes du cycle :

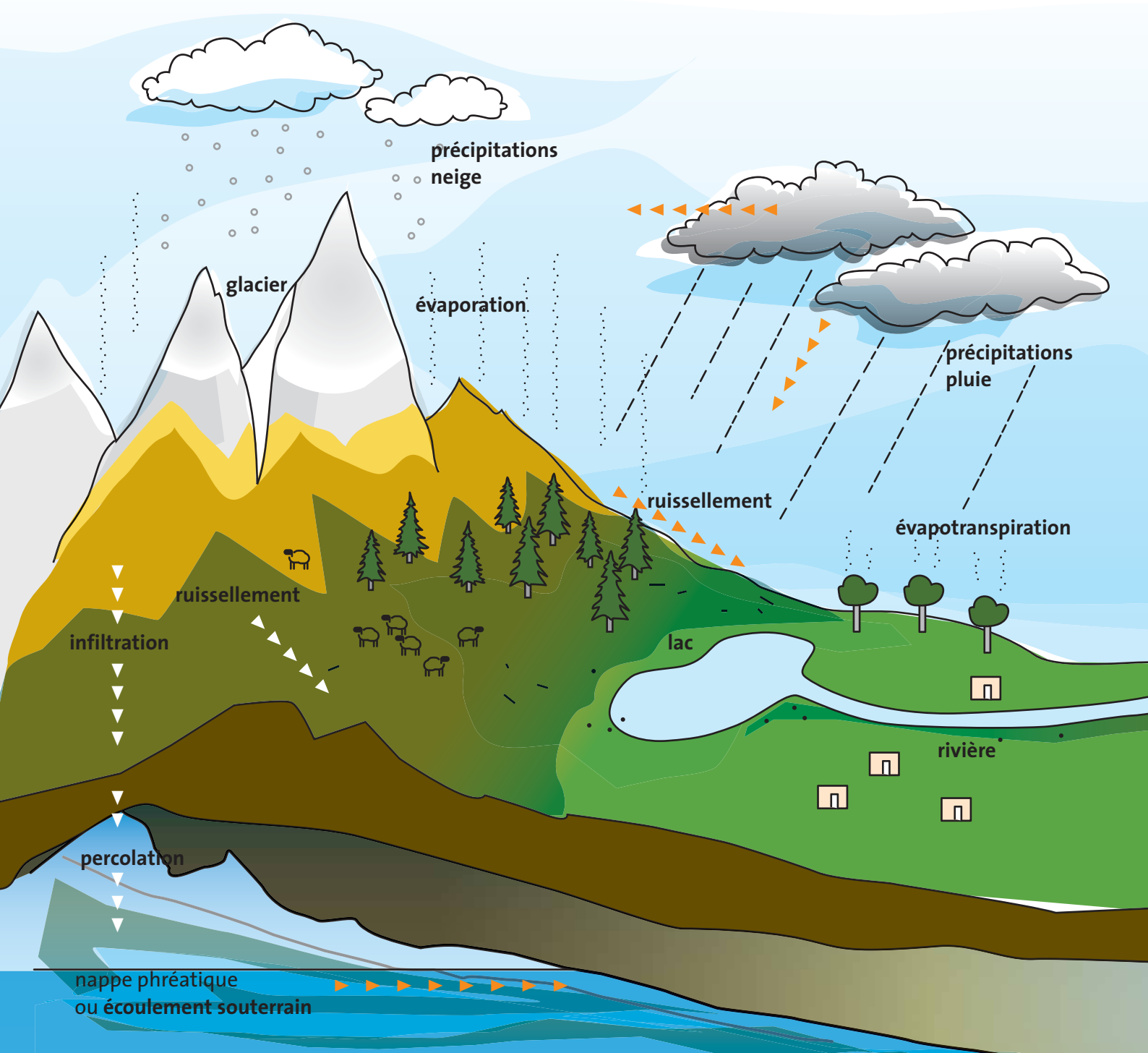
- Sous l'impact de l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Le même processus se produit à la surface des lacs, des glaciers, de la terre (évaporation) et des feuilles des plantes (transpiration). On parle d'**évapotranspiration** pour qualifier l'ensemble du phénomène.

- Dans l'air, cette vapeur invisible se condense en minuscules gouttes d'eau qui forment les nuages. Ceux-ci sont poussés par les vents depuis la mer vers les terres.

En prenant de la hauteur et en se refroidissant, les minuscules gouttes d'eau se heurtent et fusionnent, formant des gouttes plus grosses et suffisamment lourdes pour tomber en pluie.

Le cycle de l'eau



- Les hautes montagnes, par leur relief, constituent des obstacles particuliers pour les masses d'air. Elles bloquent les fronts chauds et les obligent à s'élever jusqu'à des températures glaciales favorisant sans arrêt les condensations.

De plus, quand au sein d'un nuage, la température est inférieure au point de congélation, les gouttes d'eau qui se vaporisent gèlent directement et se transforment en cristaux de glace.

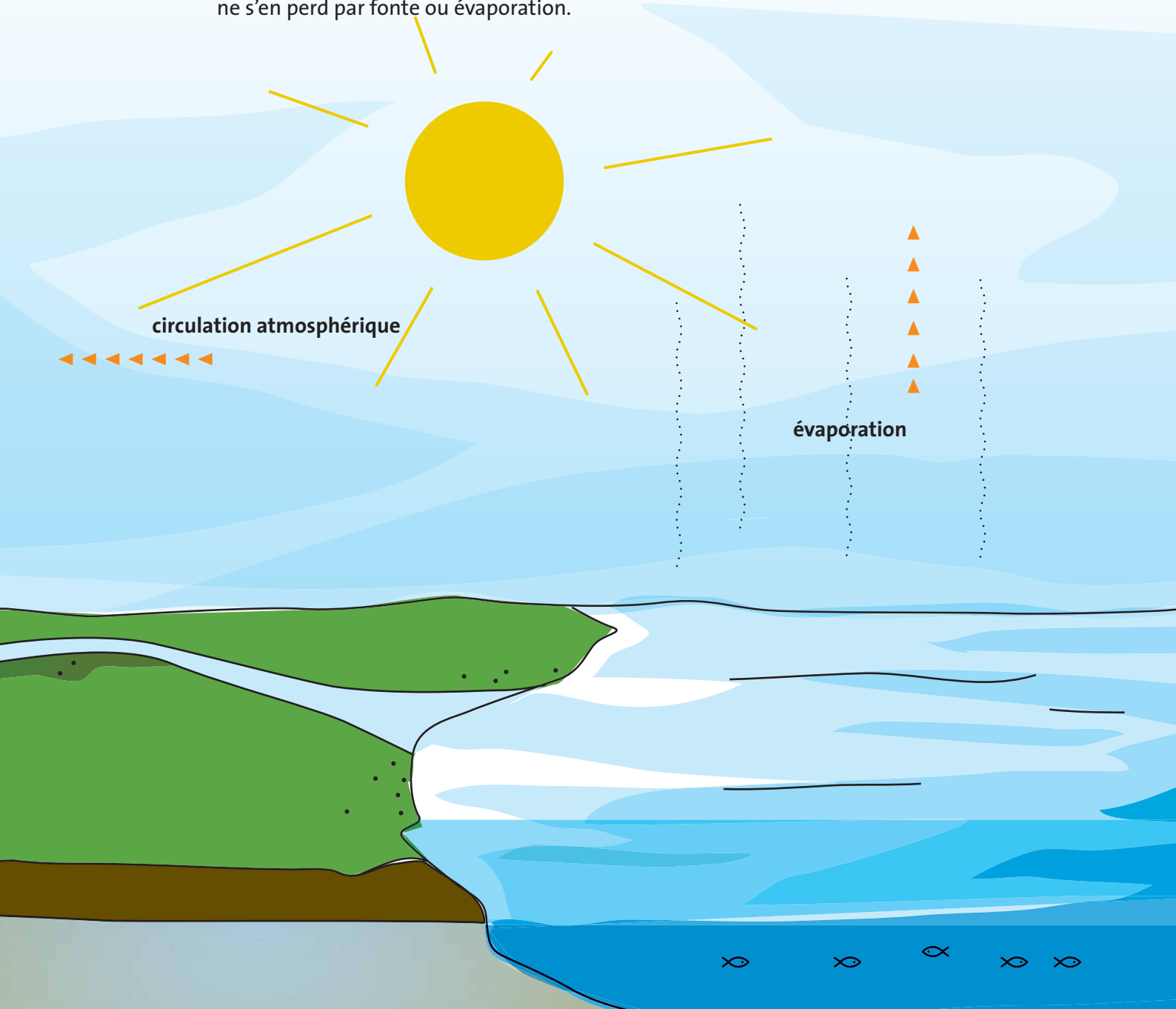
Lorsque ceux-ci s'amalgament et se soudent en flocons, la pluie devient de la neige. À une très haute altitude, l'humidité ne tombe que sous la forme de neige.

- Que ce soit sous la forme de pluie, parfois violente comme les pluies engendrées par la mousson, les pluies torrentielles traduisant une augmentation des précipitations (comme dans le Maghreb) ou que ce soit sous la forme d'averses de neige, abondante en montagne, la vapeur d'eau des nuages retourne à la surface de la planète sous forme de **précipitations**.

L'eau des pluies retombe sur les océans pour 7/9 et sur les terres pour 2/9. Sur 100 gouttes d'eau qui s'évaporent depuis un océan, 97 retombent sur un océan.

Cette eau qui revient directement à l'océan s'évapore ensuite à nouveau, poursuivant son cycle sans fin.

- Parmi l'eau qui retombe sur les terres, une petite partie des précipitations est retenue dans les glaciers de montagne. Ceux-ci se forment précisément lorsqu'il tombe plus de neige en hiver qu'il ne s'en perd par fonte ou évaporation.



La masse de glace naît du tassement de couches de neige empilées qui, du fait de la présence d'eau de fonte dans le manteau, vont successivement fondre et regeler la nuit jusqu'à ce que la neige expulse l'air qu'elle contient (passage du **névé** au glacier).

Le manteau neigeux se soude alors en une masse de glace compacte entraînée par son poids à descendre le long de la pente (écoulement par gravité non perceptible à l'œil).

- Ces fleuves de glace sont très précieux car ils permettent d'évacuer les précipitations en étalant le phénomène dans le temps. Ils rampent jusqu'à une altitude assez basse pour fondre progressivement et être repris dans l'enchaînement du cycle de l'eau (qu'ils alimentent ainsi dans la durée). Parallèlement, ils fournissent aux populations humaines qui ne boivent et n'utilisent que de l'eau douce une réserve d'eau non salée incomparable, une réserve régulière et constante...si elle ne disparaît pas sous les effets du changement climatique.

- L'eau de fonte qui se déverse sur les pentes ou l'eau qui tombe sur les terres du fait des précipitations soit ruisselle à la surface soit s'infiltre et alimente les nappes souterraines. Dans les deux cas, les hommes ont appris à capter ces eaux d'altitude par des systèmes de drainage et de canalisation des eaux souterraines (type **foggaras** en Algérie) ou en endiguant de réservoirs, de retenues et de lacs de barrage le réseau fluvial qui s'écoule par gravité.

Dans certaines régions du monde, l'eau d'altitude constitue la seule source d'eau douce.

Exemple:

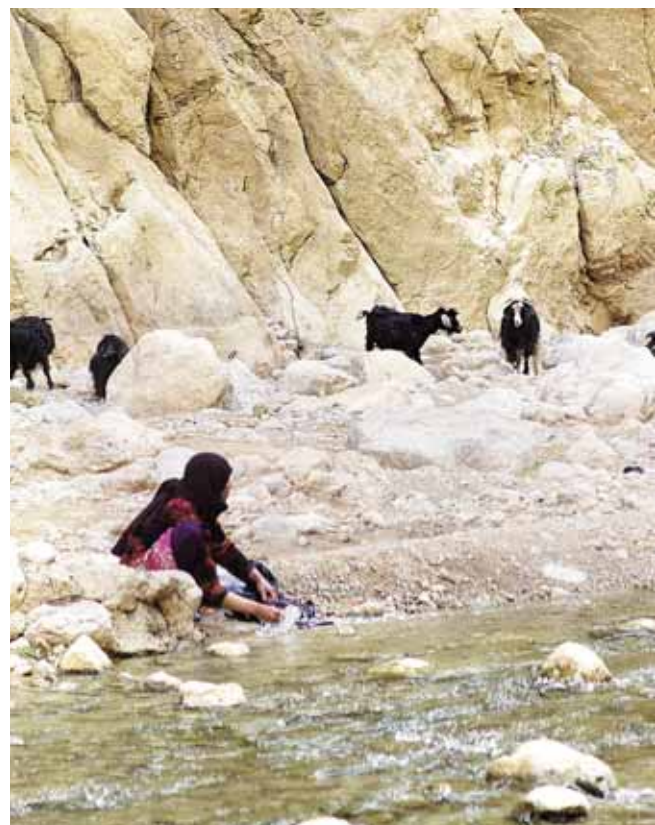
Dans les régions arides et semi-arides, seules les montagnes et les hautes terres reçoivent suffisamment de pluie pour constituer les ressources qui, lorsqu'on parvient à les capter, représentent 90 % de l'approvisionnement en eau douce du **bassin versant**.

L'eau captée des montagnes n'est pas seulement acheminée plus bas où elle couvre aussi des besoins croissants en eau d'irrigation (pour une population qui ne cesse d'augmenter) ; emmagasinée dans les retenues de montagne, elle est une source d'énergie hydroélectrique.

31. Gorge et rivière,
région d'Errachidia, Maroc
©Alexander Otte



32. Bergère lavant à la rivière,
Gorge de Todgha, Atlas marocain
©Alexander Otte



33. Collines dominant
Shallaleh Saghireh,
Vallée Khanasser, Syrie
© Hélène Gille

35. Puits vertical menant au *quanat*,
Shallaleh Saghireh, Syrie,
© Thomas Schaaf



33



35

34. Enfant jouant à la source
bleue de Meski,
région d'Errachidia, Maroc
© Alexander Otte



34

Exemple :

75 % de l'énergie des villes de La Paz et d'El Alto précédemment citées émane d'une centrale hydroélectrique située en altitude sur le versant oriental des Andes.

• On peut également noter qu'une infime partie de l'eau en contact avec les terres que ce soit en ruisselant, en s'infiltrant ou en chargeant l'atmosphère ambiante est utilisée par les êtres vivants. Elle est utilisée de plusieurs façons :

- L'eau qui s'infiltré est absorbée par les racines des plantes ;
- L'eau collectée ou rendue potable est bue par les hommes ou les espèces animales ;
- L'eau atmosphérique est absorbée directement par contact des feuilles, des tiges et des épidermes.

Ce dernier phénomène s'étend à tous les êtres vivants.

L'eau, en transitant ainsi par les espèces vivantes, nous y compris, sert au fonctionnement des cellules, des organismes et des écosystèmes.

À ce sujet, le professeur rappelle : l'eau constitue plus de 80% du volume corporel des individus végétaux et animaux.

• En conclusion, lors du cycle de l'eau, la majeure partie de l'eau retombée sur les terres retourne également à la mer et cela relativement vite. Cette eau ne s'infiltré pas, ne percole pas, n'est ni absorbée, ni captée ; elle est rapidement drainée vers l'ensemble du bassin fluvial, des torrents aux ruisseaux, des rivières aux fleuves pour rejoindre à nouveau les mers.

► Après avoir illustré chacune des étapes du cycle de l'eau, le professeur attire l'attention des élèves sur plusieurs points:

Il revient sur l'intensification de ce cycle en montagne qui serait dû au réchauffement climatique (cf. fin de par. 1 ci-dessus) et explique:

- Plus le processus de circulation de l'eau est lent, plus les eaux interagissent physiquement et chimiquement avec le milieu. Elles humidifient alors durablement les sols qu'elles fertilisent, elles rechargent les réserves avec régularité, elles permettent aux nappes aquifères de se renouveler complètement dans le temps, ce qui en garantit la pureté.

- Avec l'intensification de l'évaporation, l'intensification des précipitations et le recul significatif des glaciers qui ne retiennent plus autant d'eau, on assiste à une augmentation de la quantité et une accélération de la fréquence du ruissellement sur les pentes.

Comme les versants sont abrupts, les pluies souvent fortes et les sols très érodables, les ruissellements surabondants provoquent une forte érosion, des glissements de terrain et une pollution de l'eau superficielle du fait de la quantité de sédiments transportés.

Exemple:

Sur les versants nord du mont Kenya, l'augmentation du ruissellement de surface, accentué par la suppression récente du couvert végétal a entraîné des crues éclairs destructrices et une forte pollution des eaux de surface de la région.

En montagne, la modification générale du cycle hydrique associée à la **déforestation** et au remplacement des forêts naturelles au profit d'autres types de couvert végétal (plantations forestières, terres cultivées) augmente le risque de pollution des eaux.

Alors que les taux d'érosion augmentent, l'ensablement menace la qualité des ressources et l'utilisation en amont d'engrais, de pesticides ou d'herbicides lessivés par le ruissellement pollue fréquemment les eaux en aval.

3. Assimiler et interpréter le cycle de l'eau à travers une succession de tableaux sonores

► À ce stade de la présentation du cycle de l'eau, l'enseignant introduit le jeu de rôle et l'association possible des étapes du cycle à des bruits imitant ceux de l'eau sous ses différents états transitoires. Cette succession de tableaux sonores permet aux élèves d'identifier et d'intégrer clairement les étapes du processus accompli par l'eau.

36. Réservoir d'eau pour la ville de Madrid,
Réserve de Biosphère de Cuenca Alta del Rio
Manzanares, Espagne
©Thomas Schaaf



37. Petit lac de la Réserve d'Ilmen
Tcheliabinsk Oblast, Oural, Russie
©Michel Le Berre





38. Grand lac de la Réserve d'Ilmen
Tcheliabinsk Oblast, Oural, Russie
© Michel Le Berre

► L'enseignant propose d'abord à la classe de se réunir et de réfléchir par écrit à une interprétation des bruits de l'eau sous ses différents états ou sous diverses conditions climatiques et atmosphériques.

Exemples :

- Le grondement assourdissant de l'orage;
- La pression atmosphérique, la chaleur moite et le claquement de la foudre;
- Le « martèlement » d'une forte pluie sur le toit de la maison;
- Le grésil qui cingle les vitres;
- La bise glaciale qui accompagne une bourrasque de neige;
- Le craquement des blocs de glace à l'heure du dégel;
- Le goutte-à-goutte régulier d'une chandelle de glace qui fond;
- Les trombes d'eau puissantes et continues d'une source de montagne et le flot en écho des cascades;
- Le clapotis d'un ruisseau qui file et rebondit entre les cailloux;
- Le « glouglou » de l'eau dans la jarre qui se vide.

► Ensuite, les élèves recherchent physiquement, par le corps et le mime, à reproduire les bruits, les expressions et les comportements des êtres vivants soumis à certaines conditions climatiques et météorologiques en relation à l'eau.

Exemples :

Le dégel au printemps avec les rayons du soleil plus ardents, les oiseaux qui gazouillent à nouveau, le retour des premiers insectes, la fonte qui s'intensifie, les bruits d'écoulement en écho, les torrents qui dévalent les pentes, le grondement des eaux boueuses et écumantes, la glace qui se fend ou se brise en d'autres échos, l'explosion des floraisons, les villageois qui se saluent et s'activent...

Ou, au contraire, la plongée dans l'hiver et l'immobilisme de l'enneigement: le silence dans la maison et le silence au dehors, le froid qui transperce, le bruit assourdi des pas qui s'affaissent dans la neige, les chaussures entrechoquées pour ôter la neige collée, les précipitations frappant les vitres, les portes vite refermées, les bruits étouffés du dehors, le thé chaud que l'on verse, les animaux domestiques qui somnolent...

► Après avoir conçu et mis au point plusieurs petites scènes, les élèves se lancent dans une interprétation collective des étapes du cycle de l'eau.

► Ils vont émettre des bruits, imiter des expressions, à partir de leur corps, mais également à travers leur déplacement dans l'espace et le recours à des « accessoires » et à des bruitages de toutes sortes.

► Pour cela, ils utilisent divers instruments de musique, des objets qui craquent, en bois ou en plastique, des objets en fer que l'on peut frapper ou faire résonner, des pierres, des graviers que





39

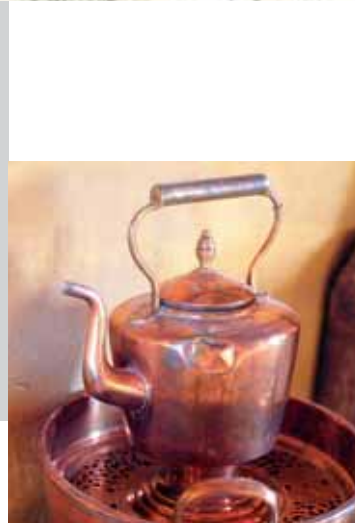
40



39. Touareg versant le thé,
Tassili N'Ajjer, Algérie
© Olivier Brestin

40. Le contrôle qualité du thé,
Happy Valley Tea Estate,
Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

41. Feuilles de thé sur pied
et séchées, *Happy Valley Tea Estate*,
Darjeeling, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



42



42. Verseuse et cuvette
pour le lavage des mains, Maroc
© Alexander Otte

43. Préparation du thé,
camp touareg, *Tassili N'Ajjer*, Algérie
© Olivier Brestin

l'on agite dans divers containers ou récipients, l'eau bien sûr, en petite quantité, que l'on peut manipuler, asperger, déverser doucement, faire s'égoutter.

► Le professeur propose de déconstruire les étapes du cycle en plusieurs tableaux sonores et répartit les différents tableaux entre plusieurs groupes. On peut citer, dans l'enchaînement: la tempête de neige et le gel des étendues d'eau, le dégel et l'eau de fonte, sous d'autres latitudes la pression atmosphérique avant l'orage, l'averse elle-même, le ruissellement et l'écoulement, l'**infiltration** et l'absorption, la **percolation**, le retour à la mer.

► Chaque groupe va mêler bruitage et interprétation dans la mise en scène de chaque tableau.

Exemples :

Pour la scène du dégel, les insectes accompagnant les premiers rayons printaniers peuvent être simulés à la fois par des bruits de gorge et des déplacements furtifs dans l'espace; la glace qui craque par des bruits de bris ou de plastique fêlé, le ruissellement le long des pentes par plusieurs quantités de gravier que l'on déverse doucement, de façon régulière et simultanée en un flux continu. On peut utiliser plusieurs entonnoirs ce qui permet de limiter et de varier les rythmes d'écoulement.

Une longue et puissante averse peut-être évoquée par un rapide goutte-à-goutte dans plusieurs seaux ou baquets, un rythme soutenu sur la peau tendue d'un instrument, le brassage en relais de graviers et de sable dans plusieurs bassines. La percolation, elle, est mimée par un goutte-à-goutte très lent et un bruit d'eau extrêmement ténu à la surface d'un seau.

► Une fois que les groupes maîtrisent bien l'interprétation et l'enchaînement des tableaux (on peut permuer), il est possible et vivement recommandé de présenter le « spectacle » à l'ensemble de la communauté. On peut lui donner un titre: « À l'écoute du cycle de l'eau », par exemple.

03

Fresque en panneaux de l'hydraulique montagnarde

Niveau
avancéLieu
en classe
et à l'extérieurDurée
6 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Considérant l'impact de l'érosion hydrique et de l'agriculture irriguée sur l'épuisement des sols et des ressources en montagne, la classe redécouvre les techniques traditionnelles de collecte, de captage et de transport de l'eau de surface à travers des parcours-découvertes, puis par le dessin qui permet de saisir la beauté et l'ingéniosité de ces aménagements.

2. Connaissances et compréhension

L'enchaînement de plusieurs dessins en grand format sur la fresque permet de mettre en lumière la pertinence écologique de l'hydraulique traditionnelle avec ses systèmes d'irrigation d'appoint issus de l'aménagement des versants ou ses structures antiérosives qui constituent des moyens de prévention des catastrophes naturelles.

Déroulement

1. Repérer dans le paysage les aménagements de pierre permettant de capter l'eau de ruissellement et l'eau atmosphérique

► Sur les conseils du professeur, les élèves parcourent leur environnement et se mettent en quête de différents exemples d'architecture en pierre disséminés dans le paysage.

Il peut s'agir de murets de pierres, de murs de soutènement, d'amas de pierres disposés en tas ou **tumuli**, de citernes recouvertes d'un tas de pierres calcaires, de digues ou diguettes placées dans les ravines des pentes, de cordons pierreux...

Exemples :

Les tumuli ou les specchie (maisons de pierres circulaires) que l'on trouve sur les pâturages secs des montagnes du pourtour méditerranéen; les **gabions** qui sont des diguettes de pierres enserrées dans une armature métallique, une technique exportée d'Europe pour lutter contre l'érosion et répandue dans les montagnes de nombreux pays tropicaux; on les utilise pour édifier des terrasses ou pour aménager des barrages dans le lit des torrents; les jarres-citernes, construction ancestrale de réservoir fabriqué à partir d'une énorme jarre enfoncée dans le sol et recouverte d'un tas de pierres calcaires qui captent l'humidité atmosphérique. On les trouve beaucoup tout autour de la Mer Rouge.

► Les élèves déambulent et parcourent l'espace aménagé par ces constructions en pierre, parfois très anciennes, intégrées au paysage et créant ici et là des recoins, des espaces cachés, des micro milieux propices à la découverte, un parcours accidenté induisant des mouvements dans le déplacement.

► Le professeur explique :

Ces constructions de pierre jouent un double rôle dans la gestion de l'eau.



45

45. Paysage avec murets de pierres, région d'Honaine, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

46. Lac de barrage du Tomadero, Parc rural de Anaga, Tenerife, îles Canaries
©Michel Le Berre

46

- Elles permettent de contrôler et de collecter les eaux de ruissellement en réduisant leur débit, en retenant leurs **alluvions** et en favorisant leur infiltration dans le sol.
- Elles permettent aussi de capter l'eau de l'atmosphère par concentration et condensation de l'humidité.

► Près d'un alignement de pierres, le professeur poursuit son analyse:

Les murets sont opérants dans les zones de passage des eaux sur un terrain pentu.

► Il montre:

- Comment les murets freinent le débit de l'eau venant du sommet;
- Comment ils fractionnent la charge sédimentaire du cours d'eau sur la pente;
- Comment le courant ralentit et l'eau s'infiltre dans le sol;
- Comment l'eau s'écoule plus lentement jusqu'au bas de pente au lieu de se perdre en surface. Sans utilisation de ce moyen mécanique, nombre d'oueds disparaissent prématurément dans le sol du fait de l'entraînement du courant. Ils sont également taris sous l'intense chaleur.

► La classe s'entraîne à l'observation du micromilieu créé par le muret.

Des plantes locales poussent en suivant la ligne des pierres car, en cette zone, l'humus se concentre. Au moment le plus chaud, le muret retient aussi l'humidité atmosphérique qui est renvoyée vers le sol, et crée une ombre bienfaitrice à l'abri du vent et de la chaleur.

► Les élèves découvrent puis dessinent ces plantes parfois rares, trésors cachés, qui souvent poussent uniquement là, grâce à l'ingéniosité d'une technique ancestrale de captage des eaux.

Exemple :

Au pied des cordons pierreux situés à la base des massifs de calcaires dolomitiques du sud-tunisien, les élèves peuvent repérer et dessiner des plantes herbacées ou arbustives comme *Hamada scoparia* (Chénopodiacées) associées à diverses espèces de la famille des Poacées comme *Stipa capensis* ou *Stipagrostis pungens* et à des arbustes comme le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*).

► Ils réalisent des croquis de détail, des croquis d'ambiance, puis des dessins techniques du muret en observant l'architecture de pierre : a-t-on utilisé des plaquettes de schistes dans la construction, des pierres calcaires globulaires, des pierres taillées, des pierres de granite assez grossières, des éléments polygonaux irréguliers aux arêtes vives ?

► Le professeur rend l'étude encore plus pertinente en concentrant l'observation sur les pierres qui composent un tumulus, un abri (il peut s'agir de *specchie*, d'un abri d'alpage) ou encore, une cahute ou chambre froide en pierres sèches utilisée pour la conservation du lait frais et du fromage en altitude.

► Il explique que ces pierres poreuses sont productrices d'eau à la fois le jour et la nuit.

- Dans la journée, en zones montagneuses arides, le vent transporte en moindre quantité de la vapeur d'eau qui pénètre par les interstices des pierres. La condensation s'effectue par choc thermique à l'intérieur de la construction, puisque la température y est plus basse qu'à l'extérieur. La vapeur d'eau se condense en gouttes d'eau qui, en tombant, sont absorbées dans le sol ou s'accumulent dans une cavité.

- La nuit, la condensation s'effectue à la surface extérieure des pierres, plus froides que la température ambiante ; les gouttes de rosée qui s'y accumulent glissent par les interstices, à l'intérieur de la construction, où elles sont récoltées.



47

47. Muret de pierres sèches, monts d'Auvergne, France
©Hélène Gille

48. Végétaux poussant sur un muret, massif du Luberon, France
©Hélène Gille

49. Muret de pierres sédimentaires, massif du Luberon, France
©Hélène Gille

50. Borie du Comtat Venaissin, Vaucluse, France
©Hélène Gille



48



49



50



52

51. Source chaude (au 1^{er} plan),
Chumathang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

52. Pont en pierres et bois,
Chumathang, Ladakh, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin

51

2. Se concentrer sur les structures antiérosives et les dessiner sur le premier panneau

- Dans l'enchaînement, les élèves examinent l'ensemble des travaux entrepris par la population afin de corriger l'impact de l'érosion hydrique et ses conséquences sur les versants.
- Ils se concentrent d'abord sur les ouvrages de pierres ou barrages de sédimentation situés en plein champ sur la pente ou directement dans le lit des cours d'eau.
- Sur place, l'enseignant enchaîne avec une série de questions :

- Ces barrages sont-ils efficaces en retenant des charriages de boue et de pierraille ?
- Sont-ils entretenus dans le temps et régulièrement restaurés afin de remplir leur fonction ?
- Intègrent-ils une technique de maçonnerie sèche ?
- Sont-ils édifiés à partir de gabions ?

Dans les régions montagneuses les plus riches, ces barrages sont édifiés en béton armé.

- En quoi influent-ils sur la largeur du canal d'écoulement d'un torrent quand ils réduisent artificiellement la pente de celui-ci ?
- Le système de correction des pentes est-il pensé dans toute sa cohérence en introduisant des seuils de pierres intermédiaires destinés à maintenir le cours d'eau dans son lit ?
- Plus en amont, constate-t-on certaines actions de corrections des ravines à partir de seuils de pierres insérés dans ces ravines ?

- La classe se concentre ensuite sur d'autres techniques antiérosives implantées sur les terrains instables et dénudés comme le **clayonnage** à barres horizontales qui intègre des boutures de saules entrelacées ou des banquettes de grillage en métal déployé ?

- Le professeur apporte quelques précisions :

- Situés aux points les plus fragiles des pentes, ces structures ne font pas que retenir les charriages des eaux de ruissellement, elles retiennent et maintiennent en place les sols qui, autrement, seraient emportés par l'intensité du ruissellement.

- Dans différentes régions montagneuses fortement enneigées comme les Rocheuses, l'Himalaya ou les Alpes, on retrouve ces mêmes structures de claies, de filets ou de râteliers (barres verticales enfoncées dans le sol cette fois) qui parent aussi bien aux coulées de boue et glissements de terrain qu'aux avalanches de neige. Un sol érodé soumis à une forte pression hydrique entraînera selon les influences climatiques, différents types de catastrophes naturelles liées à l'eau et la neige.

► Selon la région du monde où ils se trouvent, les élèves s'attachent à composer le premier panneau de la fresque en dessinant en grand format les moyens de défense active utilisés pour lutter contre l'érosion hydrique et les bouleversements environnementaux qu'elle entraîne.

► Guidés par le professeur, la classe n'oublie pas les structures de protection plus ciblées ou adaptées aux terrains très pentus comme les **étraves** de pierres, ces petites zones de terrain réservé, constituées de gros blocs rocheux et plantées d'arbres qui protègent l'amont des fermes ou des maisons des coulées de neige et de boue.

► Également les talus de pierres en bordures des cultures, édifiés à partir de pierres extraites des champs de cultures. Ils forment des haies efficaces contre le vent et la pluie et limitent également l'évapotranspiration des cultures intensifiée par le fort réchauffement du sol sous les radiations solaires d'altitude.

Là aussi on gère la déperdition d'eau par captage de l'humidité atmosphérique.

3. Étudier l'inscription des terrasses dans le paysage et les identifier comme une méthode de gestion des eaux de ruissellement

► Le professeur explique :

- La fertilité des sols en montagne est implicitement liée à la gestion conservatoire de l'eau. Or seuls certains aménagements agricoles garantissent l'alimentation régulière des parcelles cultivées en eau.

- Telles sont les terrasses et leurs dérivés qui constituent un aménagement agricole approprié des terrains en pente en même temps qu'il constitue une méthode de captage du ruissellement sur les versants, indispensable à la sécurité de la production agricole.

► Quand la classe se situe dans un environnement qui s'y prête, les élèves se rendent sur le terrain pour observer l'aménagement de versants en terrasses.

Ils cheminent de la base au sommet, à plusieurs niveaux, parcourent ces escaliers de géants, découvrent les micro-milieus situés à chaque étage et les cultures qui leur sont associées, arpentent les passages d'un niveau à l'autre et explorent les recoins.

► Ils adoptent un point de vue surplombant et s'attachent à rendre par le dessin et la couleur l'aspect graphique et, parfois très coloré, des terrasses vues du dessus.

Ils dessinent ainsi :

- Les **courbes de niveau** surlignées ;
- Les lignes serpentes de chaque niveau, parfois prolongées d'une terrasse à l'autre sur de longues distances ;
- Le périmètre de chaque parcelle de forme variable, le long de la courbe de niveau ;
- L'imbrication des cultures en une mosaïque de couleurs ou de nuances colorées.

► Le professeur introduit la notion de courbe de niveau qui représente la ligne joignant tous les points d'une même altitude.

L'ensemble des courbes de niveau permet notamment la représentation du relief sur une carte.

► Il explique aux élèves que la construction de terrasses se fait à partir des courbes de niveau d'où s'érige le muret de pierres qui sert de soutènement à la surface de terre aplanie.

► Il poursuit en expliquant que les terrasses favorisent une bonne gestion des eaux superficielles car elles permettent de répartir l'humidité dans le sol et surtout, en parallèle, de lutter contre l'érosion.

53. Centrale hydraulique
sur *Spokane River*,
Washington State, USA
© Alexander Otte

54. Éboulis ancien
dans un bois de mélèze,
Val d'Aoste, Italie
© Michel Le Berre

55. Courant en amont
de la centrale de *Spokane*,
Washington State, USA
© Michel Le Berre



56. Cascade
dans le *Valnontey*,
Val d'Aoste, Italie
© Michel Le Berre

57. Barrage hydraulique,
Singtam, Sikkim, Inde
© UNESCO/Olivier Brestin



► Sur le terrain, la classe peut vérifier que le bord d'une terrasse, constitué du muret, est très légèrement incliné vers le sens de la pente, ce qui permet à l'eau de ruissellement de couler progressivement sans causer d'érosion.

Les terrasses réduisent ainsi les effets érosifs des pluies torrentielles.

► L'enseignant précise que certaines terrasses sont encore plus élaborées dans la création d'une hydraulique captant les ressources naturelles, car elles sont surélevées.

► Formées de plusieurs strates, la couche supérieure de terre fertile est répandue sur une première couche de grosses pierres, surmontée d'une couche de pierres plus petites qui servent à drainer les eaux d'irrigation.

Là encore, l'infiltration est facilitée et l'on évite l'érosion de surface... deux conditions indissociables pour une bonne gestion des eaux superficielles.

► Il indique ensuite d'autres techniques d'aménagement des pentes intégrant une adaptation spécifique de la technique des terrasses comme les **gradins** ou terrasses méditerranéennes.

Ce sont des terrasses formées d'un talus subvertical renforcé par des pierres ou des herbes et présentant une terrasse inversée, en pente douce.

Exemple :

On les trouve dans les montagnes du pourtour méditerranéen mais aussi dans les Andes péruviennes, à Bali, en Indonésie et en Chine, sur des zones de très fortes pentes d'où les surfaces planes sont absentes.

Ces terrasses que l'on appelle également « radicales » permettent de créer des zones planes où elles n'existent pas et suppriment l'érosion en nappe (travail de sappe en surface).

► Le professeur explique :

Si elles permettent des possibilités d'irrigation et de drainage le long des pentes inversées grâce à l'eau qui ruisselle sur les talus, les gradins augmentent les risques de glissement de terrain (de « décrochement du relief ») car elles favorisent l'infiltration près de la roche.

► Il conclut :

Cette technique est donc peu recommandée sur les terrains friables ou poreux comme les schistes.

58. Rizières près de Jiri,
région de Janakpur, Népal
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO

59. Travaux des champs,
région de Bagmati, Népal
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO



59

► L'enseignant aborde enfin les techniques propres à certaines zones climatiques comme les **tabias** en régions arides montagneuses.

Il s'agit en général de 2 à 5 parcelles cultivées, situées au deux tiers de la pente vers le bas. Elles forment de larges banquettes de sol en forme de U et, quand on en compte plusieurs, elles sont arrangées en cascade comme des terrasses. Elles sont fermées à l'aval par un bourrelet de terre proéminent renforcé par un mur de pierres et ménagées d'exutoires pierreux sur les côtés par où l'eau circule vers les parcelles inférieures. Le champ central ou **jessour** est en général vaste, bien alimenté en eau et les espèces y bénéficient des apports sédimentaires successifs.

Exemple :

Les tabias du sud tunisien où croissent en association des cultures annuelles d'orge ou de lentilles et des arbres fruitiers tels le figuier, le grenadier ou l'amandier.

4. Constituer le deuxième panneau de la fresque et y inclure les éléments d'une hydraulique liée aux eaux de surface

- De retour en classe, les élèves entament la représentation du deuxième panneau de la fresque.
- Ils dessinent, en grand format, un paysage d'agriculture en terrasses avec les murets de pierres, les différents niveaux des terrasses et les voies d'accès, souvent de petits escaliers transversaux intégrés dans les murets de pierres.
- Dans des croquis parallèles, ils décrivent sommairement (en deux croquis comparatifs) l'élaboration de ces composantes :
 - La construction du muret depuis ses fondations sur de grosses pierres jusqu'aux cailloux glissés dans les interstices ;
 - L'aplanissement de la terrasse et le résultat ingénieux que constitue la parcelle, rendue plate, arable et cultivable, « prise » sur la pente à priori infertile, et pourtant créée à partir de la terre présente sur cette pente.
- Dans un coin du panneau, la classe compose un texte racontant les étapes de ces paysages uniques, témoignant d'une relation complémentaire entre l'homme et la nature.

Les élèves tentent d'exprimer :

- Comment les hommes redessinent patiemment les versants en respectant leurs replis naturels ;
- Comment ils repèrent des surfaces concaves, remplissent de gravier les failles des pentes pour éviter les éboulements, érigent des murs de pierres et rehaussent couche par couche le niveau de la terre, gagnant ainsi des surfaces exploitables ;
- Comment les hommes se posent ainsi en créateur de paysage, en artiste du paysage.

Exemple :

Ils peuvent citer les travaux magnifiques que constituent les terrasses d'Éthiopie, du nord Cameroun, celles des Andes, des reliefs arabiques, au Yémen notamment, où les courbes de niveau sont surlignées par des barrages de pierre qui interceptent l'eau de ruissellement pour la redistribuer sur les parcelles.

- Sur le dessin central du panneau, les élèves représentent, par la couleur, l'alternance des cultures et de la végétation, selon les niveaux, ainsi que les associations d'espèces au sein du même niveau.

Exemple :

Dans les Andes, jusqu'à 15 niveaux d'écosystèmes ont été définis par les scientifiques et, selon les étages, les agriculteurs cultivent plusieurs espèces végétales en association, les plus courantes étant le maïs, les haricots, les « patates », l'orge, le quinoa.

- Pour matérialiser les cultures, des matériaux divers, du collage, peuvent être introduits dans le dessin.

- Toujours sur le dessin central, les élèves montrent les différents processus de gestion de l'eau engendrés par les terrasses.

- Ils indiquent par des flèches comment les différents niveaux décalés recueillent l'eau des précipitations et la répartissent naturellement sur le versant.
- De la même façon, ils décrivent le mouvement ralenti des eaux de ruissellement suivant l'inclinaison de la terrasse dans le sens du débord de la pente.
- Si la terrasse est surélevée, ils indiquent l'infiltration des eaux superficielles et leur migration à travers les sols.
- Sur les terrasses « radicales » à la pente inversée, ils indiquent bien le sens inverse du drainage de l'eau.

Certaines terrasses sont munies d'un réseau hydraulique de récupération et de transport d'eau de pluie ; ce type de réseau existe également sans être associé à l'agriculture en terrasses.

- La classe va donc s'efforcer de représenter l'hydraulique villageoise des eaux superficielles quand elle existe, qu'elle soit ou non associée à l'aménagement de terrasses.

- Les élèves repèrent la localisation des réservoirs d'eau pluviale et le réseau des voies de transport et d'irrigation.

- Quand le réseau se situe sur des terrasses, les élèves précisent les points suivants :

- L'eau est-elle stockée en haut de pentes ou plus bas sur celles-ci, dans des réservoirs en amont des voies d'irrigation ?
- L'eau provient-elle aussi de la fonte des neiges, de ruisseaux ou de torrents ?
- Comment l'eau de ruissellement parvient-elle dans les réservoirs ?
- L'eau est-elle distribuée par des canaux de pierre d'une terrasse à l'autre ?
- L'est-elle par des conduits de diamètres différents permettant de contrôler l'apport d'eau selon la taille des parcelles ?
- Les conduits sont-ils en bambou, en bois ou en pierres ?
- L'eau est-elle répartie par des canaux d'irrigation que partagent, par exemple, les habitants d'un même village localisé sur le versant ?

- Une fois qu'ils ont éclairé ces différents points, les élèves peuvent représenter de manière très suggestive l'ensemble du système hydraulique sur la fresque.



60



61



61

60. Vignobles en terrasses,
Sierre, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

61. Vignobles en terrasses,
Aigle, Suisse
© UNESCO/Olivier Brestin

- Quand le réseau n'est pas situé sur une terrasse, les élèves repèrent les réservoirs de collecte d'eau dans l'environnement, généralement au bas de collines ou de zones de passage des eaux.
 - Sont-ils de simples réservoirs en terre, creusés à la main, comme les *johads* en Inde ?
 - Forment-ils un ou plusieurs barrage(s) permettant de retenir les eaux d'écoulement d'un oued ?
 - S'agit-il de citernes, de boudins creusés directement dans le sol en bas de pente et ne permettant de capter que de l'eau de ruissellement destinée à l'irrigation de petits jardins et à l'alimentation en eau du bétail.
 - Existe-t-il, à partir de ces réservoirs, un réseau de citernes mobiles transportées par les hommes ou les animaux et acheminant l'eau jusqu'aux points d'irrigation des vergers ou des cultures ?
- Là aussi, une fois ces aspects éclairés, les élèves représentent de façon vivante et imagée sur la fresque l'hydraulique villageoise liée aux eaux de surface.

5. Comprendre la synergie existant entre la lutte contre l'érosion, le reboisement et une bonne gestion de l'eau dans le troisième panneau

- Accompagnés du professeur, les élèves se rendent sur le terrain, près de zones fortement érodées par les eaux des précipitations.
- Sur place, ils peuvent constater le creusement de ravines et repèrent les techniques employées localement pour freiner les effets du **ravinement**.
Il s'agit souvent des digues filtrantes mentionnées précédemment, composées de pierres afin de limiter la force du courant et de provoquer l'infiltration.

Là où les digues antiérosives ne suffisent pas, les élèves observent le rôle actif joué par la végétation renaissante ou une surface boisée nouvellement implantée en amont de zones fortement érodées.

► De façon générale, en parcourant plusieurs zones concernées, la classe constate l'importance de la reforestation dans l'organisation de l'hydraulique villageoise.

► Le professeur éclaire à nouveau l'analyse :

- En l'absence de terrasses, la reforestation est essentielle pour lutter contre l'érosion et préserver les ressources en eau.

- Sans végétation sur les collines ou sur les zones de passage des eaux, l'érosion charge de sédiments les réservoirs et l'eau s'infiltre difficilement jusqu'aux nappes phréatiques. Elle s'infiltre plus facilement à la base de troncs ou de tiges et profitent de la pénétration des racines dans le sol pour s'infiltre plus avant.

► L'enseignant insiste :

- Captage des eaux, reforestation, lutte contre l'érosion, sont étroitement imbriquées dans toute véritable tentative de maintien des écosystèmes montagnards et la revégétalisation des sols en particulier est un aspect essentiel de l'entretien ou du maintien du bassin versant.

- Sur les alpages en amont, les zones clairsemées peuvent être « engazonnées » et plantées de poacées.

- On peut faire appel aux plantes les plus rustiques ou coriaces pour faire démarrer un premier stade de couverture végétale sur les pentes les plus ravinées des crêtes des hauteurs. Dans les régions montagneuses tempérées, on plante ainsi des bugranes à l'étage alpin.

- Ailleurs, on embroussaille à partir de boutures de saules ou de plants d'argousiers parfois directement implantés dans les clayonnages.

- Mais le stade ultime de la revégétalisation d'un versant réside bien sûr dans l'implantation de la forêt qui est aussi le meilleur moyen de gérer durablement les ressources en eaux de surface de ce versant.

Exemple :

Certaines forêts de la Sierra Nevada aux Etats-Unis sont particulièrement bien maîtrisées. Elles se composent en alternance de plantations de conifères et de peuplements de feuillus.

62. Canalisation de la source chaude pour le bain et le linge, Panamik, Karakorum, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin



63. Irrigation au goutte-à-goutte dans les cultures en terrasses, Île de Santiago, Cap-Vert
© Michel Le Berre



64. Canaux de stockage des eaux de surface, Tiger Village, Karakorum, Inde
© UNESCO / Olivier Brestin





65



66

Les premiers piègent la neige dans leurs branches et, la retenant plus longtemps, permettent un étalement de la fonte dans le temps alors que les zones plantées de feuillus emmagasinent un stock de neige maximal, surtout au pied des arbres, qui assure la base des réserves en eau de fonte. L'association judicieuse de feuillus et de résineux dans la forêt permet ainsi l'irrigation régulière et durable des cultures florissantes situées en contrebas, dans les plaines californiennes.

- Pour finir, les élèves se concentrent sur les méthodes utilisées pour planter les végétaux qui intègrent une technique adaptée d'irrigation.
- Sur le troisième panneau de la fresque, ils représentent par une série de dessins successifs, l'élaboration de cuvettes en forme de croissant, des demi-lunes, creusées à la base d'arbres plantés sur les versants. Il s'agit d'une méthode de collecte des eaux de ruissellement sur une courte distance.

Exemple:

Dans de nombreux pays du pourtour méditerranéen, par exemple en Syrie ou en Tunisie, ces bassins de terre creux, peu profonds, souvent renforcés d'un pourtour de pierres, recueillent l'eau nécessaire à la croissance des oliviers, tout en favorisant la rétention d'eau dans le sol.

On peut capter le ruissellement de 10 à 20 m² en dressant des demi-lunes de 2 à 6 m de diamètre. En plus des arbres, on peut y faire pousser des céréales.

- Selon le même principe, les élèves représentent la technique proche des demi-lunes de pierre placées devant un trou de plantation et disposées en quinconce sur de fortes pentes.

Exemple:

En Afrique, on place du fumier dans le trou avant de semer plusieurs graines de mil. L'eau retenue par les demi-lunes de pierres participe fortement à la croissance des végétaux et au bon fonctionnement du processus.

- Dans le même esprit, les élèves illustrent sur le panneau la technique du **zaï** qui désigne l'amélioration du trou de la plantation par une poche d'eau, creusée dans la terre, et enrichie par un fertilisant.

À partir de dessins comparant les techniques, ils représentent le diamètre augmenté de la technique du zaï, la profondeur du trou que l'on maintient irrigué et enrichi de fumier dans les montagnes arides pendant la saison sèche.

L'action conjuguée de l'eau et du fertilisant permet à la culture en place sur la pente, millet ou sorgho, de résister à de longues périodes de sécheresse.

Glossaire

Les termes soulignés dans les définitions du glossaire renvoient eux-mêmes à une définition dans le glossaire.

A

Abiotique : Non vivant, en parlant d'un élément d'un écosystème. Il peut s'agir d'un élément comme l'eau, sa qualité, quantité et répartition dans l'écosystème, d'un élément comme le sol, sa structure, sa teneur en humus. En écologie, on parle de « facteurs abiotiques » qui représentent les facteurs physico-chimiques d'un écosystème.

Adret : Versant le plus exposé au soleil d'une montagne. Dans l'hémisphère nord, cela correspond au versant sud.

Adventice : En agronomie, le terme désigne une espèce végétale indésirable à l'endroit où elle s'installe. Il peut s'agir des repousses d'une culture précédente, de plantes vivaces. Le terme est synonyme de « mauvaise herbe ».

Agroforestie : Mode de production combinant la culture d'arbres et d'arbustes et la culture d'espèces herbacées. L'agroforesterie est préconisée pour augmenter la biodiversité des écosystèmes agricoles et améliorer la productivité tout en réduisant la dégradation des terres.

Alluvions : Dépôts de sédiments charriés par les cours d'eau, l'eau de pluie, en général par les déplacements de l'eau. Il s'agit de sable, de vase, d'argile, de graviers, de limon, de galets, qui peuvent se déposer dans le lit des cours d'eau ou, en montagne, au point de rupture de pente.

Amplitude écologique : Capacité d'une espèce à se reproduire dans des conditions écologiques différentes.

Anémogamie : L'anémogamie ou anémophilie désigne le transport du pollen par le vent. Les plantes anémogames sont donc des plantes dont la pollinisation s'opère par le vent.

Angiosperme : Du grec « aggeion » : vase ou capsule, et « sperma » : graine. Angiosperme signifie « graine dans un récipient » par opposition à gymnosperme « graine nue ». Les angiospermes sont les plantes à fleurs, et donc les végétaux qui portent des fruits enfermant les graines. Ils représentent 80 % des espèces végé-

tales, on en dénombre actuellement plus de 200 000 espèces. Les gymnospermes les ont précédés dans l'évolution

Aquifère : Un aquifère est une couche de terrain ou une roche, suffisamment poreuse (qui peut stocker de l'eau) et perméable (où l'eau circule librement), pour contenir une nappe d'eau souterraine. On parle de nappe aquifère ou de nappe phréatique pour désigner ce réservoir naturel d'eau douce, susceptible d'être exploité, et d'alimenter les ouvrages de production d'eau potable comme les puits, les forages.

Avalanche : Masse de neige et de glace qui se détache brutalement et dévale le versant d'une montagne en entraînant avec elle terre, rochers et fragments divers. Le phénomène est dû aux transformations du manteau neigeux.

Azote : Élément chimique nécessaire à la constitution atomique des êtres vivants et formant un des grands cycles biogéochimiques de la planète.

B

Bassin de réception : Zone de rassemblement des eaux de ruissellement sur un versant qui constitue la plus haute partie d'un torrent.

Bassin versant : Zone ou portion de territoire délimitée par des lignes de crête (ligne de partage des eaux) dont les eaux superficielles ou souterraines se déversent dans un collecteur commun (fleuve, rivière, lac...).

Battance : En pédologie, désigne le caractère d'un sol devenant moins poreux et tendant à former une croûte en surface sous l'action de la pluie. C'est un des signes de la dégradation du sol.

Biocénose : Du grec « bios » : vie et « koïnos » : communauté. Communauté des êtres vivants (animaux, végétaux et micro-organismes) coexistant dans un espace défini (le biotope).

Biodiversité : Variabilité des organismes vivants de toute origine : plantes, animaux et micro-organismes présents sur la terre,

leur variabilité à l'intérieur d'une même espèce ainsi que la variabilité des complexes écologiques dont ils font partie. Ainsi, la biodiversité comprend la diversité des espèces, la diversité génétique et la diversité des écosystèmes.

Biotope : Du grec « bios » : vie et « topos » : lieu. Espace naturel déterminé, caractérisé par des conditions géologiques, pédologiques et climatiques particulières, de taille variable, souvent de surface réduite, au sein duquel se développent des espèces animales et végétales adaptées à ces conditions. Exemples : mare, prairie humide, bois de pins.

Bois de feu : Bois utilisé par la population comme la principale source d'énergie domestique : pour la cuisson des aliments, l'éclairage.

C

Calice : Ensemble des sépales d'une fleur formant l'enveloppe florale externe. Le calice protège la fleur lorsqu'elle est en bouton.

Camouflage : Chez les animaux, moyen ou dispositif instinctif tendant à se rendre moins visible ou à donner une apparence trompeuse à un autre être vivant.

Capitule : Type d'inflorescence composée d'un ensemble de petites fleurs sessiles (sans attache, sans pétiole et sans pédoncule), groupées sur un plateau comme pour les Astéracées.

Chaîne alimentaire : Une chaîne alimentaire désigne une suite d'êtres vivants dans laquelle chacun mange celui qui le précède.

Comme dans un écosystème, les liens qui unissent les espèces sont souvent d'ordre alimentaire, on peut représenter ces relations par des séquences où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit. Chaque maillon de la chaîne est un niveau trophique.

Cheminée de fée : Colonne naturelle de roches faite de roches meubles ou friables, souvent sédimentaires, dont le sommet est formé d'une roche plus résistante aux effets de l'érosion.

Chlorophylle : La chlorophylle est le principal pigment assimilateur des végétaux. Il intervient dans la photosynthèse pour intercepter l'énergie lumineuse, première étape dans la conversion de cette énergie en énergie chimique indispensable à la fabrication de matière carbonée organique lors du processus de la photosynthèse.

Cirque glaciaire : Situé en altitude, un cirque glaciaire désigne une dépression de forme semi-circulaire, délimitée par des parois rocheuses. Cette dépression constitue ou a constitué le bassin d'alimentation d'un glacier.

Classe : En biologie, la classe est le troisième niveau de la classification traditionnelle des espèces vivantes. L'ordre des carnivores (*Carnivora*) qui compte 8 familles d'espèces (dont les félins), appartient à la classe des mammifères (*Mammalia*).

Clayonnage : Treillage fait de pieux et de branches sur le modèle de claies afin de maintenir le sol en place et l'empêcher de s'effondrer.

Combe : Vallée souvent étroite creusée par l'érosion, située au sommet et dans l'axe de la voûte d'un pli (relief).

Commensalisme : Du latin « co » : avec et « mensa » : table, compagnon de table. Le commensalisme est une relation entre deux êtres vivants dans laquelle l'hôte fournit une partie de sa nourriture au « commensal » sans obtenir de contrepartie de la part de ce dernier. La relation est à bénéfice non-réciproque, mais l'hôte peut continuer à vivre et à évoluer en présence de l'autre organisme. Certains coléoptères cohabitent ainsi avec les fourmis.

Composée : Feuille composée de plusieurs limbes appelés folioles. Exemple : le noyer.

Compost : Engrais naturel à base de déchets organiques d'origine végétale, utilisé pour fertiliser les cultures.

Conditions : On divise les facteurs abiotiques d'un écosystème en deux catégories : les ressources et les conditions. Les conditions, dans le domaine abio-

tique, se réfèrent à la température, au climat, aux conséquences du réchauffement climatique, au concept de « perturbation » lié aux incendies, aux grandes tempêtes, aux avalanches, aux éruptions volcaniques, aux coulées de boue et autres.

Cône de déjection : Accumulation sédimentaire, transportée et déposée par un torrent au débouché d'une vallée ou en contrebas d'un versant. L'amas présente une forme triangulaire.

Conservation : Protection des écosystèmes, des espèces et des ressources naturelles contre la dégradation ou la destruction de façon à en faire bénéficier les générations à venir. La conservation des écosystèmes, des espèces et des ressources naturelles peut induire la gestion planifiée de l'utilisation de celles-ci par l'homme.

Consommateur : Au sein du réseau trophique, les consommateurs apparaissent à plusieurs niveaux trophiques.

Les consommateurs primaires ou animaux herbivores qui se nourrissent des producteurs ;

Les consommateurs secondaires ou carnivores primaires et parasites, qui se nourrissent des animaux herbivores ;

Les consommateurs tertiaires qui se nourrissent des carnivores primaires (cf. schéma p. 25).

Convention sur la diversité biologique : La Convention sur la diversité biologique est une des deux conventions adoptées au Sommet de la Terre, à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992 ; l'autre convention étant la Convention sur les Changements Climatiques. À ce jour, 192 pays ont ratifié la Convention qui constitue un engagement historique : c'est le premier traité conclu au niveau mondial qui aborde tous les aspects de la diversité biologique, c'est à dire non seulement la protection des espèces mais également celle des écosystèmes et du patrimoine génétique, ainsi que l'utilisation durable des ressources naturelles. Enfin, la Convention est aussi la première à reconnaître que la conservation de la diversité biologique est « une préoccupation commune à l'humanité » et fait partie intégrante d'un développement socio-économique durable.

Convergence d'évolution : Lorsque des espèces animales ou végétales très éloignées géographiquement et sans ancêtre commun (donc appartenant à des familles différentes), évoluent de manière similaire à cause de pressions environnementales semblables, on parle de convergence d'évolution ou de convergence évolutive.

Corolle : Ensemble des pétales d'une fleur formant l'enveloppe florale interne. Quand la corolle est déployée, on parle d'une fleur épanouie.

Cosmétologie : Étude de ce qui a trait aux produits et soins (bien-être, beauté) pour le corps, et de leurs effets sur l'organisme.

Courbe de niveau : La courbe de niveau représente la ligne joignant tous les points d'une même altitude et que l'on peut imaginer dans un paysage. L'ensemble des courbes de niveau placées sur une carte permet de représenter le relief. Plus les courbes de niveau sont rapprochées, plus la pente est raide. En montagne, la construction des terrasses se fait à partir des courbes de niveau au long desquelles s'érigent les murets de pierres servant de soutènement aux parcelles.

Couverture végétale : Ensemble de la végétation recouvrant le sol.

Croissance de la population : Augmentation du nombre des individus appartenant à une même espèce en fonction du temps. L'évaluation se fait souvent sur un même biotope.

Cultures intercalaires : On parle de cultures intercalaires pour désigner l'alternance de différentes cultures au sein d'un même espace. Ce système consiste à associer simultanément des cultures de plantes annuelles et des cultures pérennes sur le même terrain en veillant à ce qu'elles soient mutuellement bénéfiques et non pas concurrentes. On peut ainsi obtenir un rendement global plus élevé.

Cuticule : La cuticule est une fine couche de cutine, souvent cireuse, comme un vernis étanche, qui recouvre les feuilles des végétaux ou les tiges des plantes en altitude comme dans les zones sèches. La

cutine est une substance de nature lipidique destinée à prévenir les pertes d'eau que l'on trouve donc sur la face externe des cellules aériennes de l'épiderme des végétaux.

D

Décennie pour l'éducation en vue du développement durable : En décembre 2002, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté une résolution proclamant une Décennie pour l'éducation en vue du développement durable (DEDD) de 2005 à 2014. L'UNESCO a été chargée de diriger cette Décennie et d'élaborer le contenu conceptuel de l'Éducation en vue du développement durable (EDD). Concrètement, il s'agit de repenser et de modifier l'éducation afin de mieux intégrer le concept de durabilité associant de façon solidaire des objectifs économiques, sociaux et environnementaux ainsi que ceux du respect de la diversité culturelle et de la lutte contre la pauvreté.

Décomposeur : Terme qui désigne le groupe d'organismes vivants regroupant les champignons et les micro-organismes des sols et des biotopes aquatiques qui réduisent la matière organique morte à l'état de composés minéraux.

Déforestation : Ensemble des processus par lesquels l'homme transforme et fait disparaître les écosystèmes forestiers : surexploitation du bois, incendies de forêts, mise en culture de zones boisées.

Démascler : Dépouiller un chêne-liège de sa première écorce pour que le liège puisse ensuite se former régulièrement.

Détritivore : Catégorie de décomposeurs parmi lesquels de nombreux insectes qui se nourrissent de débris, de cadavres, d'excréments qu'ils décomposent et minéralisent partiellement, fabriquant ainsi de l'humus.

Développement durable : En 1987, le développement durable a été défini par la Commission mondiale de l'environnement et du développement comme « le développement qui répond aux besoins

économiques actuels sans compromettre la capacité de la planète à satisfaire les besoins des générations futures ». La définition s'est affinée dans le temps et on peut parler d'une forme de développement qui respecte l'environnement et fait un usage prudent - fondé sur une exploitation rationnelle et modérée - de la nature et de ses ressources, ce qui assure un maintien indéfini de la productivité biologique de la biosphère. L'*Agenda 21*, plan d'action mondial adopté par 173 pays lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, a défini un ensemble cohérent de principes pour aider les gouvernements et les autorités à mettre en œuvre des politiques orientées vers le développement durable. Aujourd'hui, l'*Agenda 21* reste la référence pour la mise en œuvre du développement durable au niveau des territoires.

Dioïque : Du grec « dis » : deux fois et « oikos » : maison. Le terme qualifie une espèce végétale dont les sexes sont sur des individus séparés ; la plante a des fleurs mâles (à étamines) sur un pied et des fleurs femelles (à pistil) sur un autre pied. La fructification n'a lieu que si les individus sont suffisamment proches. Le genévrier sabine ou le genévrier thurifère sont, en montagne, des espèces dioïques.

Dissémination des graines : Grâce à la dissémination des graines, les plantes se dispersent dans leur environnement. Les agents disséminateurs peuvent être le vent, l'eau, les animaux (oiseaux, insectes...). Ce phénomène est très utile sur le plan écologique pour plusieurs raisons : Il permet aux graines d'atteindre les habitats propices au développement des futures pousses. Plus largement, il permet de diminuer la compétition entre les individus en les disséminant sur un plus large territoire ; il permet d'échanger des individus entre populations et de favoriser le brassage génétique ; il permet enfin de créer de nouvelles populations.

E

Écosystème : Ensemble interactif formé d'une communauté d'organismes vivants et de l'environnement physique, chimique

et géographique dans lequel ils évoluent. Ainsi l'air, la terre, l'eau et les organismes vivants, y compris les êtres humains, interagissent pour former un écosystème.

Écotone : Zone de transition écologique entre deux écosystèmes. En montagne, il peut s'agir par exemple du passage entre la forêt et la pelouse alpine.

Émondage : En sylviculture, opération consistant à couper les branches latérales d'un arbre, et parfois le tronc pour faire naître des rejets dont on utilise le bois.

Endémique : Une espèce est dite « endémique » lorsqu'elle se développe dans une région géographique spécifique du globe : elle appartient à un territoire plus ou moins étendu, et son aire de répartition géographique est limitée à un lieu donné.

Engrais vert : Culture temporaire à croissance rapide qui permet de maintenir la couverture végétale du sol entre deux cultures. Il s'agit ainsi de ne pas exposer le sol nu aux conditions atmosphériques et d'entretenir l'enrichissement naturel de la terre entre deux cultures.

Épi : Type d'inflorescence où les fleurs ou épillets (graminées) sont rattachés sans pédoncule sur un axe central.

Épiphyte : Plante qui pousse en ancrant ses racines à la surface d'autres plantes et en s'en servant comme support sans en être le parasite.

Érosion : Usure et transformation que les eaux (pluie, fleuve, mer), la glace et les agents atmosphériques (vent, chaleur, précipitations) font subir à la surface terrestre.

On parle ainsi d'érosion hydrique (eau), d'érosion éolienne (vent) et d'érosion thermique (chaleur). Ce phénomène est souvent amplifié par l'homme (déboisement, agriculture, construction de routes) et a pour effet de transformer le relief et d'emporter les sols.

Érosion biochimique : Forme complémentaire d'érosion désignant l'action érosive des organismes et micro-organismes (par exsudat racinaire, décomposition) sur les continents et dans les océans.

Espèce : Ensemble de populations interfécondes (interfertiles), isolées du point de vue reproductif d'autres ensembles équivalents et pouvant être défini par une combinaison unique de caractéristiques.

Espèce autochtone : Une espèce que l'on trouve naturellement dans un endroit géographique donné.

Étage alpin : Étage compris entre 2300 et 3000 m dans les massifs montagneux des régions tempérées. On n'y trouve plus de feuillus ni de conifères. Seuls subsistent la pelouse alpine et quelques rares arbustes.

Étage subalpin : Étage compris entre 1700 et 2500 m dans les massifs montagneux des régions tempérées. On y trouve seulement des essences d'arbres très résistantes comme le mélèze ou le bouleau, au-dessus des conifères communs de l'étage montagnard.

Étamines : Organes sexuels mâles d'une fleur dont les parties terminales renflées (anthères) contiennent le pollen (sacs à pollen).

Étrave : Mur ou amas saillant de grosses pierres destiné à protéger contre les avalanches sur une pente.

Évaporation : L'évaporation est le passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Dans le contexte du cycle de l'eau, il s'agit du phénomène par lequel de l'eau liquide s'échappe dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau sans avoir été absorbée par des êtres vivants ou les sols.

Évapotranspiration : L'évapotranspiration désigne l'accumulation et, plus précisément, la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Extinction : Disparition totale d'une espèce sur la Terre entière.

C'est une famille très importante de 18 000 espèces regroupant des plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes parmi lesquels l'arachide, le genêt, le haricot, le lupin, le pois, l'acacia, le caroubier. Ces plantes ont en commun la capacité d'absorber l'azote de l'air et de le fixer dans le sol grâce à des bactéries fixatrices hébergées dans les nodosités de leurs racines. Dans les domaines agricole et économique, le terme désigne plus spécifiquement les espèces cultivées dans un but alimentaire pour les hommes et les animaux. On distingue alors les légumineuses fourragères (trèfle, luzerne, sainfoin) des légumineuses cultivées pour leurs graines (haricot, pois).

Famille : En biologie, la famille regroupe les genres (ou groupes d'espèces similaires) qui présentent le plus de similitudes entre eux. Elle constitue le cinquième niveau de la classification traditionnelle des espèces vivantes dans l'ordre suivant : règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce.

Le genre *Canis* qui renferme 8 espèces dont le chacal commun, appartient à la famille des *Canidés* qui réunit 35 espèces.

Foggara : Les foggaras, terme algérien, sont des galeries souterraines de grande longueur permettant l'adduction d'eau dans certaines oasis, depuis les plateaux ou les massifs rocheux. Les galeries recoupent une nappe phréatique dont elle draine l'eau en profondeur pour la transporter jusqu'à la surface vers les terrains à irriguer, cela grâce à une légère inclinaison, l'ensemble du système reposant sur la force de gravité. Des puits verticaux dans les foggaras permettent l'aération et le nettoyage. Elles sont originaires d'Iran où elles s'appellent « qanat » et sont aussi utilisées au Maroc où elles portent le nom de « khattaras ».

Foliole : Élément d'une feuille composée.

G

Gabion : De l'italien « gabbione » : grosse cage. Le terme désigne une sorte de casier fait de solides fils de fer tressés et contenant des pierres, utilisé entre autres, pour construire les murs de soutènement.

F

Fabacées : Plante appartenant à la famille des Fabacées, du latin « faba » : fève.

Les gabions sont très utilisés en Afrique et en Amérique latine aujourd'hui pour contrer les effets de l'érosion. Ils sont disposés en épi ou parallèlement aux rives pour lutter contre l'érosion fluviale ou torrentielle. Ils servent également à stabiliser des pentes ébouleuses et à réduire l'impact des eaux de ruissellement.

Gaz à effet de serre : Les gaz à effet de serre sont les gaz présents dans l'atmosphère qui absorbent le rayonnement infrarouge réfléchi par la surface de la terre lorsque les rayons solaires atteignent le sol. En absorbant ces rayonnements, les gaz à effet de serre (GES) emprisonnent l'énergie thermique près de la surface du globe où elle réchauffe l'atmosphère terrestre. L'augmentation de la concentration des GES dans l'atmosphère est un facteur à l'origine du réchauffement climatique.

Gélivation : Fragmentation des pierres et des roches causée par les effets de l'alternance du gel et du dégel, notamment du fait de l'augmentation du volume de l'eau interstitielle causée par le gel.

Géophyte : Une plante géophyte est un type de plante vivace possédant des organes lui permettant de passer la saison inadéquate à son développement (comme l'hiver en région d'altitude), enfouie dans le sol. L'organe en question peut être un bulbe (oignon, lys), un rhizome (topinambour), un ou plusieurs tubercules (pomme de terre).

Gradient : Taux de variation d'une grandeur, d'une donnée, entre deux points. Plusieurs types de gradients définissent le milieu montagnard par la variation des conditions écologiques en fonction de l'altitude : baisse des températures, augmentation des précipitations, augmentation de la radiation solaire.

Gradins : Parmi les techniques de gestion de l'eau en montagne, les gradins horizontaux ou terrasses radicales consistent à réduire de façon mécanique, par terrassement, la déclivité de la pente afin d'obtenir des terrasses horizontales sur des versants plus ou moins raides.

Grappe : Type d'inflorescence formée d'un axe portant à différents niveaux des fleurs pédonculées.

Gymnosperme : Du grec « gumnos » : nu et « sperma » : graine.

Les gymnospermes sont les plantes dont l'ovule est nu (non enclos dans un ovaire à la différence des angiospermes). La plante porte ses graines dans un fruit ouvert comme les cônes. Tous les conifères sont des gymnospermes. On dénombre environ 700 espèces de gymnospermes.

H

Habitat : Lieu dans lequel une espèce végétale ou animale particulière peut vivre. Ce lieu lui fournit de quoi subvenir à ses besoins.

Huile essentielle : Liquide concentré, obtenu par distillation ou extraction chimique des composés aromatiques volatils d'une plante ; ces derniers étant contenus dans les cellules de la plante.

Humus : Mélange complexe de matières organiques provenant de la décomposition des débris végétaux (feuilles mortes) et animaux par les micro-organismes (invertébrés, bactéries, champignons) du sol. L'humus est une matière terreuse de couleur sombre présente dans la couche superficielle du sol et qui participe à sa fertilité en libérant de l'azote et d'autres éléments nutritifs indispensables à la croissance des végétaux.

I

Inféodée : On parle d'une espèce inféodée à un milieu dans le sens où cette espèce est soumise aux conditions physico-chimiques particulières de ce milieu et à tout un ensemble d'autres espèces vivantes avec lesquelles elle est en relation. Elle peut être inféodée très étroitement à un milieu donné quand celui-ci est très limité dans l'espace et dans le temps et présente des conditions bien spécifiques.

Infiltration : En hydrologie, l'infiltration désigne la pénétration des eaux de surface dans le sous-sol à travers les fissures

naturelles des sols et des roches. Le phénomène est facilité par la présence des végétaux et l'écoulement qui se produit à la base de ceux-ci. À travers l'infiltration et la percolation dans le sol, l'eau de surface alimente les nappes phréatiques.

Inflorescence : L'inflorescence est la disposition des fleurs sur la tige d'une plante à fleurs (angiospermes). On distingue plusieurs sortes d'inflorescences selon la manière dont les fleurs sont disposées : en capitules, en grappes, en épis...

Intrant : D'un point de vue économique, un intrant est une donnée qui entre dans le cadre d'une production. Dans un contexte agricole, les intrants désignent les produits nécessaires au fonctionnement d'une exploitation agricole. Plus couramment, on appelle « intrants » les différents produits utilisés pour entretenir ou améliorer les terres et les cultures, des engrais aux produits phytosanitaires. La gestion des intrants (rapport utilisation/efficacité par exemple) est devenue un enjeu économique pour les agriculteurs.

IRA : L'Institut des Régions Arides est un institut de recherche et de formation spécialisé dans l'étude des zones arides et désertiques (écosystèmes, économie, sociétés rurales), notamment du sud-tunisien, situé à Médénine. Il représente le site tunisien du projet SUMAMAD.

J

Jessour : Zone d'accumulation de matériaux meubles, limons et sables, à l'arrière des tabias ou barrages situés à l'avant de certaines terrasses en Afrique du Nord. Ces parcelles enrichies, relativement planes, permettent l'implantation de cultures assez exigeantes en eau : grenadiers, amandiers, cultures annuelles.

L

Lac de barrage : Lac artificiel issu de l'accumulation de l'eau de ruissellement d'un cours d'eau, suite à l'aménagement

d'un barrage sur celui-ci. L'ouvrage est souvent destiné à réguler l'écoulement naturel. Le lac de barrage est un réservoir permettant de réguler de débit du cours d'eau en aval ou d'implanter une centrale hydroélectrique.

Lapiaz : Le terme « lapiaz », d'origine jurassienne, désigne une formation géologique du sol, dans des roches calcaires, présentant un aspect déchiqueté et sillonné de rigoles, fissures et crevasses du fait du ruissellement des eaux pluviales. La corrosion de surface entraîne souvent des perforations de la roche et le creusement de grottes ou autres cavités.

Lave : Roche en fusion, issue de la croûte terrestre, plus ou moins fluide ou pâteuse, émise par le cratère d'un volcan lors d'une éruption.

Légumineuse : Synonyme de Fabacées (Voir Fabacées).

Ligulée : Se dit des fleurons (petites fleurs) en forme de languette formant, par exemple, la collerette des fleurs des Astéracées.

Limbe : Partie élargie et plate d'une feuille parcourue par les nervures. On parle également du limbe d'un pétale ou d'un sépale.

Limon : Ensemble des particules minérales et organiques que les fleuves et rivières charrient et déposent au fond de leurs lits ou sur leurs rives constituant un dépôt fin de particules granuleuses. On parle de sol limoneux.

Litière : En pédologie (science des sols), la litière désigne les résidus végétaux (pollen, feuilles, fruits, graines, rameaux, brindilles) qui tombent sur le sol lorsque les arbres ou arbustes se dépouillent (au début de la saison sèche en région aride). Ils jonchent le sol en surface dans les zones forestières ou broussailluses. Sous l'action de la micro-faune (acariens, iules, fourmis), des champignons et des bactéries, la litière se transforme peu à peu en humus.

M

MAB : Le Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) de l'UNESCO propose un projet interdisciplinaire basé sur la recherche et le renforcement des capacités dans le but d'améliorer les relations entre les populations et leur environnement global. Lancé au début des années 70, ce programme a pour principale mission de réduire la perte de biodiversité par des approches écologiques, sociales et économiques. Il utilise son Réseau mondial de réserves de biosphère, constitué de 564 sites en 2010 à travers le monde, comme un outil d'échange des connaissances, de recherche et de surveillance, d'éducation et de formation, favorisant la gestion participative.

Magma : Roche en fusion, contenant des gaz dissous, formée par fusion de la croûte terrestre sous haute pression. Le magma est naturellement poussé vers le haut. S'il atteint la surface et jaillit lors d'éruption volcanique, on parle de lave.

Mammifère : Du latin « mamma » : mamelle. Les mammifères sont des animaux à sang chaud, initialement adaptés à la vie sur la terre ferme et dont certains se sont secondairement adaptés à la vie en milieu aquatique (baleine, otarie...). En dépit de leurs grandes différences de formes, de taille et de mode de vie, la plupart des animaux de cette classe sont couverts de poils et tous allaitent leurs petits. Aucun autre groupe d'animaux ne présente ces caractéristiques. Exemples divers de mammifères des montagnes : bouquetins, loups, gorilles, macaques (Japon), guanacos (Andes), écureuils volants d'Amérique du nord, onces de l'Himalaya...

Mélézin : Le mélézin est une forêt de mélèzes. Ces arbres perdent leurs aiguilles et favorisent l'apparition d'un sous-bois unique, de couleur caractéristique orange, vers la fin de l'automne. Le mélézin est un milieu riche, fragile, qui ouvre la voie aux autres conifères, constituant l'habitat des essences d'ombre comme le sapin, le hêtre, qui, en s'installant finissent par le « supplanter ».

Mellifère : Les plantes mellifères produisent ou fournissent des substances pouvant être récoltées par les insectes butineurs pour être transformées en miel. Ces substances sont essentiellement le nectar et le miellat, le pollen étant un ingrédient de la gelée royale. Une plante est considérée comme mellifère lorsqu'elle est exploitable par l'abeille domestique.

Migration : La migration caractérise un déplacement effectué par de nombreuses espèces, sur de longues distances, dans le but de se reproduire, de fuir le froid ou la sécheresse. Le déplacement est à caractère périodique et implique un retour régulier dans la région de départ. Les migrations terrestres les plus spectaculaires sont effectuées par d'immenses troupeaux de mammifères, comme les gnous. Une migration caractéristique en montagne est celle du cincle plongeur (*Cinclus cinclus*), un oiseau qui migre des hauteurs vers les plaines durant la saison froide.

Mimétisme : Désigne la capacité de certains êtres vivants à ressembler à des éléments de leur milieu ou à d'autres êtres vivants, d'un point de vue morphologique. Cette stratégie d'imitation a pour but de se camoufler et d'échapper à la vue des prédateurs, de s'emparer des proies ou de faciliter les relations avec les congénères.

Monoculture : Mode d'agriculture consistant à ne planter qu'une seule espèce sur de vastes surfaces. La monoculture est source de graves déséquilibres écologiques car elle peut induire une érosion des sols et favoriser la prolifération des ravageurs et des maladies.

Moraine : Accumulation de débris minéraux transportée par un glacier ou une nappe de glace, suffisamment épaisse pour créer un relief. On peut observer les moraines prises dans la glace ou déposées en surface sur les sols où elles se sont accumulées.

Multiplification végétative : La multiplication végétative est un mode de reproduction asexuée. À la différence du semis qui donne de nouveaux spécimens (avec un nouveau patrimoine génétique), la multiplication végétative génère des

clones (des individus génétiquement identiques aux pieds mères). Elle est obtenue de façon spontanée ou provoquée, sans intervention de la graine, par une bouture (bouturage), une greffe, un stolon. La multiplication végétative s'oppose donc à la multiplication générative ou sexuée avec intervention d'une graine.

Mutualisme : Le mutualisme est une relation entre deux ou plusieurs espèces vivantes où le « symbiote » et l'hôte tirent tous les deux profit de la situation. Les deux espèces associées s'adaptent à la relation et une modification de comportement de l'une peut influencer sur la survie de l'autre. Le ratel, un blaireau africain, peut s'associer à l'indicateur, un oiseau. L'oiseau par son chant guide le blaireau jusqu'à un nid d'abeille. Le blaireau ouvre la ruche sauvage pour y manger le miel et laisse à l'oiseau la cire et les larves. Synonyme de symbiose.

Mycorhizien : Relatif à la mycorhize ou association symbiotique entre les champignons et les racines des plantes. Un champignon mycorhizien est donc associé par symbiose à la racine d'un végétal. Par ce processus de symbiose, les hyphes des champignons aident notamment la plante à obtenir des minéraux présents dans le sol.

N

Nappe phréatique : Nappe d'eau souterraine, soit issue de l'infiltration des eaux de pluie (renouvelable), soit « fossile » quand elle est très ancienne et prise au piège sous terre depuis la formation géologique du site (non renouvelable). Elle peut être enfouie plus ou moins profondément dans le sol, selon son origine.

Névé : Accumulation de neige qui, du fait de sa situation (orientation, relief) ne fond pas ou tarde à fondre et, de ce fait, perdure au dessous de la limite des neiges éternelles, même durant l'été. Elle peut occasionner la naissance d'un glacier.

Niche écologique : Concept utilisé en écologie pour traduire la place occupée par une espèce dans un écosystème d'une part, et l'ensemble des conditions et

facteurs du milieu permettant à cette espèce de vivre, voire survivre, se nourrir, se re-produire et assurer le maintien de l'espèce dans le milieu d'autre part.

Il s'agit donc d'un concept de l'espace occupé par une espèce, qui fait autant référence à l'espace physique qu'au rôle fonctionnel joué par l'espèce (comportement, rôle joué sur le plan trophique) dans le milieu.

Nutriment : Substances nutritives (éléments ou composés chimiques) de nature minérale ou organique, indispensables à la physiologie des organismes vivants. Les nutriments que les plantes absorbent pour leur croissance sont les phosphates, les nitrates, les sels minéraux et le potassium.

Omnivore : Organisme vivant qui se nourrit d'aliments d'origine animale ou végétale.

P

Parasitisme : Le parasitisme est une relation entre deux êtres vivants dont le parasite tire profit aux dépens de l'hôte en vivant soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de celui-ci. Le parasite est un cas particulier de prédateur qui n'a pas pour but de tuer l'hôte mais de s'en nourrir. Il est cependant destructeur pour celui-ci. Le dragonneau (*Gordius aquaticus*), un ver cylindrique aquatique infecte ainsi l'organisme de certains orthoptères (insectes) vivant en montagne et buvant l'eau des torrents.

Pelotes de régurgitation ou pelotes de réjection : Boules rejetées après la digestion par les oiseaux, dont les rapaces, contenant des éléments durs et non digérés qu'ils avalent lorsqu'ils ingèrent leurs proies en entier.

Pelouse alpine : Au-delà de l'adjectif « alpine », il s'agit d'un biome terrestre : le biome des « pelouses alpines » ou des « prairies et broussailles de montagne », présent dans de nombreuses régions montagneuses du monde, situé à une haute altitude, au-dessus de la limite supérieure des forêts, et constitué de prairies et de broussailles.

La strate herbacée dominante est majoritairement composée de Poacées ou de Cypéracées (laïches), différentes selon les régions.

Exemples : prairie de l'étage alpin en régions tempérées, toundra en régions polaires, páramo en Amérique latine.

Pépinière : En agriculture, sylviculture, arboriculture ou horticulture, une pépinière est un champ ou une parcelle de terre réservée à la multiplication des plantes ligneuses principalement (arbres, arbustes), ainsi que d'autres plantes vivaces et à leur culture, jusqu'à ce qu'elles atteignent le stade où elles peuvent être transplantées.

Percolation : En hydrologie, la percolation désigne le phénomène par lequel l'eau pénètre et traverse les pores d'un sol ou d'une roche et migre lentement à travers les sols. Infiltration et percolation sont deux processus successifs indispensables pour la recharge des nappes phréatiques souterraines à partir des eaux de surface.

Pessière : Une pessière est une forêt peuplée d'épicéas, un résineux commun de la famille des Pinacées.

Pétiole : Support d'une feuille par lequel elle s'accroche à la tige.

Phloème : Dans la structure d'un arbre, le phloème est le tissu conducteur de la sève. Le mouvement de sève est bidirectionnel dans le phloème, tandis que dans les cellules du xylème, le mouvement de la solution nutritive (eau et cellules mortes) remonte du sol, il est continu et ascendant.

Photosynthèse : Processus bioénergétique qui permet aux plantes de synthétiser leur matière organique, c'est à dire de fabriquer de la matière carbonée organique à partir du dioxyde de carbone de l'air, de l'eau et des sels minéraux du sol, en exploitant l'énergie solaire. Par l'absorption des sucres fabriqués lors de la photosynthèse, les plantes produisent leur matière végétale qui sert ensuite de nourriture à d'autres organismes vivants (herbivores).

Phyllotaxie : On appelle phyllotaxie l'ordre dans lequel sont implantés les feuilles ou les rameaux sur la tige d'une plante ou par extension, la disposition

des éléments d'un fruit, d'une fleur, d'un bourgeon ou d'un capitule.

On appelle aussi phyllotaxie la science qui étudie ces arrangements. Ceux-ci dépendent du nombre de feuilles par nœud et de l'arrangement de ces feuilles le long de la tige.

La disposition est dite alterne quand les feuilles sont disposées de part et d'autre de la tige de façon alternée ; elle est dite opposée quand les feuilles se font face sur la tige à chaque niveau ; elle est dite verticillée quand on compte trois feuilles ou plus par niveau.

Phytothérapie : Traitement des maladies par les plantes.

Pierrier : En montagne, terrain dont la surface est recouverte par un vaste empilement de pierres le plus souvent causé par le retrait d'un glacier, et sur lequel poussent des lichens.

Pipeline : Canalisation destinée à acheminer des matières gazeuses, liquides ou solides d'un endroit à un autre. La construction de ces canalisations souvent enfouies dans le sol est coûteuse et perturbe sensiblement les milieux traversés.

Pistil : Ensemble des organes femelles de la fleur, composé du (ou des) ovaire(s), du (ou des) style (s) et du (ou des) stigmate(s).

Pive : Désigne le fruit des conifères, cône de pin ou de sapin.

Plante annuelle : Une plante annuelle est une plante dont le cycle de vie (de la germination à la mort) s'effectue en une année. Il faut donc la ressemer régulièrement.

Plante aromatique : Les plantes aromatiques sont les plantes utilisées en cuisine et en médecine douce pour les arômes qu'elles dégagent et les huiles essentielles que l'on peut en extraire. Exemples : le génépi noir (*Artemisia genipi*), la livèche (*Levisticum officinale*), la sarriette des montagnes (*Satureja montana*).

Plante autochtone ou indigène (ou plante locale) : Plante qui croît naturellement dans une zone donnée de la répartition globale de l'espèce et dont le matériel génétique s'est adapté à cet endroit.

Si la plante ne se rencontre qu'en un lieu ou une région spécifiques du monde on parle de plante endémique.

Plante ligneuse : Du latin « lignosus », « lignum » : bois. Une plante ligneuse est une plante constituée de bois. On peut parler d'une tige ligneuse par opposition à une tige herbacée. Le terme désigne les arbres, arbustes et arbrisseaux par opposition aux plantes herbacées.

Plante médicinale : Plante utilisée par l'homme à des fins thérapeutiques.

Plante messicole : Les plantes messicoles sont des plantes annuelles poussant dans les moissons. Ce sont des plantes hôtes des milieux agraires modifiés par l'homme où elles se sont naturellement implantées. De tous temps associées aux cultures et présentant de réels intérêts écologiques pour celles-ci, elles sont pourtant considérées comme de mauvaises herbes et souvent éliminées.

Plante rudérale : Les plantes rudérales du latin « rudus » : décombres, sont des plantes qui poussent sur les talus, les décombres, les accumulations sédimentaires, dans les friches et au bord des chemins. Elles sont souvent indicatrices de la présence d'azote et abritent une faune variée. Facilitant certains processus de succesion écologique, elles sont aussi colonisatrices et supplantent d'autres espèces végétales.

Pollinisation : Processus de transport d'un grain de pollen issu d'une plante à fleurs depuis les étamines (organes sexuels mâles) jusqu'au pistil (ensemble des organes femelles) de la même espèce, rendant possible la fécondation. Certaines fleurs sont pollinisées par les abeilles, les insectes, d'autres le sont par les oiseaux ou certains mammifères, d'autres par le vent. Le processus de la pollinisation suivie de la fécondation est le mode de reproduction privilégié des plantes à fleurs (angiospermes).

Port : En botanique, le port désigne l'aspect général d'une plante. On peut distinguer le port élancé et dru d'un cyprès, le port léger et aéré d'un mélèze, le port pleureur, aux branches retombantes, d'un cèdre pleureur.

Précipitations : Les précipitations regroupent divers types : des gouttelettes d'eau aux cristaux de glace, de liquide (brume, pluie) à solide (grésil, grêle, neige). Elles se forment à l'intérieur des nuages, suite à des mécanismes de condensation ; les gouttes qui s'agrègent deviennent trop lourdes pour demeurer en suspension et tombent au sol.

Prédateur : Organisme vivant qui capture des proies vivantes pour se nourrir ou pour alimenter sa progéniture. Afin d'y parvenir, les prédateurs utilisent de nombreuses stratégies. Ils influent directement sur les populations des proies et contribuent à maintenir l'équilibre biologique des écosystèmes. On distingue les super-prédateurs ou prédateurs absolus qui ne sont pas eux-mêmes la proie d'autres prédateurs.

Producteur : Dans la représentation d'un réseau trophique rassemblant les chaînes alimentaires d'un écosystème, l'énergie passe des producteurs d'aliments aux animaux consommateurs en une série d'étapes appelées niveaux trophiques et représentées classiquement par les étages successifs d'une pyramide plus ou moins élevée. Les producteurs sont les espèces végétales qui produisent des protéines et des sucres à partir de l'énergie lumineuse du soleil et les convertissent en forme utilisable par d'autres organismes (cf. schéma p. 25).

R

Ravinement : Le ravinement est le processus de formation des ravines, ces sillons profonds ou incisions linéaires créés par le ruissellement concentré des eaux sur un versant. Dans les régions montagneuses, le ravinement peut-être renforcé par la nudité des versants, l'absence de végétation et l'imperméabilité de certains sols soumis aux précipitations souvent courtes mais intenses.

Réchauffement climatique : Phénomène avéré d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère à l'échelle mondiale ces dernières années. Les observations et mesures

récentes en rapport aux températures moyennes, à la diminution de la banquise arctique, au recul des glaciers, ont levé le doute sur la réalité du réchauffement climatique. Les projections du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) prévoient une augmentation de 1,1 à 6,4° de la température de la surface terrestre au cours du XXI^e siècle.

Règne : Le règne est le plus haut niveau de classification des êtres vivants par les scientifiques. À l'exception des virus, les êtres vivants sont répartis en 5 règnes du vivant : les animaux, les végétaux, les champignons, les protistes (organismes eucaryotes unicellulaires) et les procaryotes (telles les bactéries).

Réseau trophique : Le terme de réseau trophique désigne l'ensemble des chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème.

Ces chaînes alimentaires relient les diverses catégories écologiques d'êtres vivants qui constituent la biocénose, à savoir :

- les *producteurs*, constitués par les plantes vertes, premier niveau trophique ;
 - les *consommateurs primaires*, constitués par les animaux herbivores, deuxième niveau trophique ;
 - les *consommateurs secondaires*, constitués généralement de carnivores et de parasites, troisième niveau trophique ;
 - les *consommateurs tertiaires ou super-prédateurs*, quatrième niveau trophique.
- Sans oublier : les *décomposeurs* qui désagrègent et minéralisent la matière organique morte (cf. schéma p.25).

Ressources : On divise les facteurs abiotiques d'un écosystème en deux catégories : les ressources et les conditions. Les ressources, dans le domaine abiotique, se réfèrent à l'eau, au dioxyde de carbone, à la lumière, aux nutriments du sol et à l'espace.

Ressources naturelles : Les éléments minéraux ou biologiques pour lesquels l'homme a trouvé une utilisation constituent des ressources naturelles : le concept de ressource naturelle implique l'idée d'usage. Ces ressources peuvent être divisées en deux groupes :
Les *ressources non renouvelables* constituées par les matières premières minérales, comme les métaux ;

Les *ressources renouvelables* qui peuvent être exploitées sans épuisement dans la mesure où le taux de prélèvement est inférieur à la productivité disponible, comme les forêts. Aujourd'hui, la tendance à l'épuisement des ressources naturelles se confirme et persiste.

Roche sédimentaire : Les roches sédimentaires résultent de la consolidation de couches de matériaux transportés par l'eau ou le vent, issus de débris d'origine minérale suite à la dégradation d'autres roches, d'origine organique suite à la dégradation d'organismes végétaux ou d'animaux, ou encore résultant de mécanismes de précipitation chimique.

Roche ignée : Les roches ignées ou magmatiques résultent du magma, matière en fusion à l'intérieur de la Terre. Lorsque le magma se refroidit et se solidifie lentement en profondeur, il donne des roches à grain grossier comme le granite, roche magmatique plutonique ; quand il fait éruption en surface, le magma se refroidit rapidement en basalte ou autre roche magmatique volcanique.

Rosette : En botanique, une rosette résulte de la disposition circulaire des feuilles d'une plante, distribuées à partir du collet de la plante, c'est-à-dire de la zone de transition entre la racine et la tige. Dans des conditions climatiques rigoureuses, les rosettes résultent de l'adoption de tiges courtes, proches du sol, et signalent souvent la présence de jeunes pousses protégées sous des épaisseurs de feuillage.

Ruissellement : En hydrologie, le ruissellement désigne le phénomène d'écoulement des eaux à la surface du sol. Il s'oppose au phénomène d'infiltration. L'eau des précipitations s'écoule en suivant les courbes du relief et constitue un des moteurs de l'érosion : l'eau entraîne avec elle des particules du sol plus ou moins grosses en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente, ce qui peut éroder les terres ainsi soumises au ruissellement.

S

Sciaphile : Désigne les espèces végétales qui s'adaptent bien ou se développent mieux à l'ombre, souvent dans des milieux très ombragés.

Sédiment : Matériaux provenant essentiellement de l'érosion de roches (sol, sable, argile, graviers, blocs), transportés par divers agents comme l'eau, le vent, la glace ou la gravité et qui, lorsqu'ils se déposent, deviennent compacts et forment une roche. Ils peuvent aussi provenir de matière organique (accumulation de coquilles, de débris de coraux).

Sempervirent : Du latin : « semper » « virens » : toujours vert. En botanique, le terme désigne une plante qui garde ses feuilles tout au long de l'année, par opposition aux arbres à feuillage caduc. En région montagneuse, certains feuillus gardent leurs feuilles comme le chêne vert (*Quercus ilex*) sur les versants méridionaux des Alpes internes du Sud, ou les nombreuses espèces de lauriers des montagnes chinoises. Cependant, la plupart des espèces sempervirentes sont des conifères, parmi les plus représentatives, les séquoias géants de la Sierra Nevada ou le sapin rouge de Californie (*Abies magnifica*).

Simple (feuille) : Feuille dont le limbe est d'une seule pièce, non composé. Exemple : la feuille du hêtre pourpre, du ginkgo.

Site naturel sacré : Les sociétés traditionnelles du monde entier ont conféré un statut particulier aux sites naturels qu'elles considèrent comme sacrés : ils représentent la diversité des systèmes de croyances traditionnelles existant sous de multiples formes. Qu'ils soient forêts ou montagnes sacrées, sources, rivières, lacs ou grottes sacrées et autres multiples exemples de sites et de lieux vénérés, ils ont en commun cette dimension prégnante de signification et d'importance que revêt ce qui est identifié comme spirituel. Par essence, ces sites étaient les premiers sites protégés sur Terre.

Succession écologique : En écologie, une succession écologique représente le processus de développement d'un écosystème au cours du temps. Le processus

consiste en une série d'étapes se succédant dans un ordre adéquat, comme les stades successifs bien marqués d'une végétation pionnière herbacée, qui devient rapidement buissonnante, puis arborescente. Les transformations des communautés végétales et animales, du sol et du microclimat qui caractérisent une succession sont particulièrement fortes pour les successions qui suivent une perturbation importante, comme après une coupe forestière ou une forte tempête.

Succulente : Les plantes succulentes sont des plantes charnues, adaptées aux milieux secs, qui accumulent et stockent des réserves d'eau dans leurs organes : feuilles, tiges ou troncs, ce qui explique leur forme en volume.

SUMAMAD (Sustainable Management of Marginal Drylands) : SUMAMAD est un projet du Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) de l'UNESCO dont la mission est de renforcer la gestion durable des terres arides marginales en Afrique du Nord et en Asie. Le projet propose des méthodes de gestion qui favorisent la viabilité économique, la conservation des ressources, en particulier des sols et des réserves en eau, et qui encouragent la réhabilitation des terres dégradées en utilisant une approche basée sur la participation des communautés locales. La formation, le renforcement des capacités et l'interaction avec les propriétaires terriens, les agriculteurs et d'autres partenaires et acteurs, est une dimension clé du projet, intégrant à la fois les pratiques de gestion traditionnelles durables et l'expertise scientifique.

Surpâturage : Pratique qui consiste à faire paître trop de bétail durant une trop longue période sur des terres qui ne parviennent pas à se régénérer et à reconstituer leur végétation. Le terme peut aussi désigner la pratique consistant à faire paître des ruminants sur des terres non adaptées au pâturage à cause de paramètres physiques comme la pente. Le surpâturage conduit à l'érosion du sol et à la destruction d'une couverture végétale déjà fragile ou clairsemée.

Symbiose : La symbiose est une relation entre deux ou plusieurs espèces vivantes où le « symbiote » et l'hôte tirent tous les

deux profit de la situation. Les deux espèces associées s'adaptent à la relation et une modification de comportement de l'une peut influencer sur la survie de l'autre. Le ratel, un blaireau africain, peut s'associer à l'indicateur, un oiseau. L'oiseau par son chant guide le blaireau jusqu'à un nid d'abeille. Le blaireau ouvre la ruche sauvage pour y manger le miel et laisse à l'oiseau la cire et les larves. Synonyme de mutualisme.

Synusie : Désigne l'ensemble des organismes vivants (en général issus d'une même strate du milieu) suffisamment proches par leur espace vital, leur comportement écologique et leur périodicité pour partager à une certaine saison ou période de l'année le même milieu.

Tabia : Barrage de terre et de pierres, parfois très épais, construit à l'avant de parcelles agricoles aménagées en terrasses sur des pentes plutôt douces en Afrique du Nord. Les tabias retiennent la partie plane des parcelles, le jessour, où l'on élabore les cultures.

T

Tectonique : Relatif à l'étude des structures géologiques comme les chaînes de montagne ou les cordillères et des mécanismes qui les causent, à savoir les phénomènes de convergence, de collision, de divergence des plaques qui forment l'écorce terrestre.

Tomenteuse : Se dit d'une plante à l'aspect velu, couverte de poils ; ceux-ci ayant souvent pour fonction de piéger la rosée ou de ralentir le dessèchement en altitude.

Transformateurs : Désigne une catégorie de décomposeurs dans un réseau trophique : ceux qui parachèvent le travail des détritivores en décomposant la matière morte déjà remaniée jusqu'à un état inorganique, de composés chimiques. Exemples : les bactéries et les champignons du sol.

Transpiration : On distingue la transpiration animale et la transpiration végétale. La transpiration animale est l'éva-

cuation de la sueur chez l'homme et les mammifères par les pores de la peau. Elle permet de réguler la température du corps.

La transpiration végétale est l'élimination de la vapeur d'eau en excès chez les plantes. C'est un processus continu qui englobe à la fois l'évaporation d'eau par les feuilles et l'absorption simultanée d'eau par les racines dans le sol. La transpiration se produit au niveau des stomates et agit comme moteur dans la circulation de la sève.

Transplantation : Action de sortir de terre une plante herbacée ou un arbre (généralement à l'état de jeune plant) pour le replanter ailleurs.

Tubulée : Tubulée ou tubuleuse. Se dit des fleurons (petites fleurs) en forme de tube formant le cœur des fleurs des Astéracées.

Tumuli : Pluriel de « tumulus ». Un tumulus est une éminence artificielle, circulaire ou non, recouvrant une sépulture. Les tumuli de terre sont rares aujourd'hui alors que les tumuli de pierres (ou cairns) sont assez bien conservés. Les civilisations d'Amérique précolombienne et d'Égypte antique ont compté des bâtisseurs de tumuli.

U

Ubac : Par opposition à l'adret, l'ubac est le versant le moins exposé au soleil d'une montagne. Dans l'hémisphère nord, l'ubac correspond au versant nord.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. Les programmes scientifiques de l'UNESCO liés à l'écologie placent les sciences écologiques et les sciences de la terre au service du développement durable. Ces programmes contribuent, entre autres, à lutter contre la désertification et l'érosion en montagne. Les activités liées à la biodiversité sont principalement gérées à travers le Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB). Le Programme hydrologique international (PHI), s'occupe du problème prio-

ritaire des ressources en eau et des écosystèmes sur lesquels elles reposent en s'efforçant de réduire les risques qui pèsent sur les systèmes hydriques. Les principales activités de recherche dans les domaines de la géologie et de la géophysique sont organisées dans le cadre du Programme international de géosciences (PICG).

V

Vernaculaire : Qui se rapporte à une région particulière, à un pays, ou à sa population.

Vivace : Une plante vivace est une plante qui vit deux ans au moins (par opposition aux plantes annuelles ou bisannuelles), mais qui souvent vit beaucoup plus longtemps. Les plantes ligneuses (arbres, arbustes, arbrisseaux) ou les graminées sauvages sont par définition des plantes vivaces. Elles peuvent conserver leur feuillage à la mauvaise saison (espèces des forêts feuillues sempervirentes), mais le plus souvent celui-ci disparaît et la plante survit grâce à la souche restée dans le sol, grâce à un organe de survie enfoui dans le sol (bulbe) ou se reproduit par multiplication végétative.

X

Xylème : Dans la structure d'un arbre, le xylème est le tissu qui a la capacité de transporter de grandes quantités d'eau depuis le sol nutritif jusqu'aux feuilles qui réalisent la photosynthèse. Il transporte donc une solution contenant de l'eau et des sels minéraux vers le sommet et les feuilles qui agissent comme des pompes.

Z

Zaï : En Afrique, le zaï est une technique traditionnelle de préparation du sol qui consiste à faire des trous dans le sol pour récupérer un peu d'eau de ruissellement, puis d'y semer les graines de mil ou de sorgho afin de rendre les semis moins

sensibles en cas de pluies irrégulières. La technique est améliorée en préparant très tôt les terrains, bien avant les pluies : on apporte des débris organiques dans les trous et les termites viennent s'y nourrir et creuser des galeries qui permettent une plus grande infiltration des eaux ; on peut y semer ensuite en introduisant également de la fumure.

Zoochorie : La zoochorie désigne le mode de dispersion des graines des végétaux par les animaux. Les graines peuvent être disséminées par les déjections de l'animal (endozoochorie) ou par transport externe, grâce à certains crochets ou aiguillons présents sur les fruits qui s'accrochent dans les poils des animaux (épizoochorie).

Remerciements

Nous tenons à remercier spécialement
les personnes suivantes pour leur contribution
à l'amélioration du kit pédagogique :
Jean-Pierre Ablard, Nina Cooper,
l'École Perceval de Chatou, Donald Gabriels,
Alexander Otte et les photographes
Yann Arthus-Bertrand, Olivier Brestin,
Michel Le Berre.

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

Ce manuel de l'enseignant fait partie du kit pédagogique intitulé : *Une approche créative de l'éducation à l'environnement / Kit pédagogique pour les pays situés en zones montagneuses* publié par l'UNESCO.

Le kit est disponible en trois langues (anglais, français, espagnol) et il se compose de deux documents :

- *Le manuel de l'enseignant*, élément principal du kit, organisé en trois chapitres ;
- *Le cahier de la classe* à l'attention des élèves.

www.unesco.org/publishing



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Secteur des
sciences exactes
et naturelles

École

Pays/ville

Classe

Nom du professeur

le cahier de la classe

Une approche créative
de l'éducation à l'environnement

Kit pédagogique pour les pays situés en
zones montagneuses



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Éditions
UNESCO



Programme sur l'Homme
et la biosphère



Écoles
associées
de l'UNESCO



Kit pédagogique pour les pays situés en zones montagneuses

Une approche créative de l'éducation
à l'environnement

Responsable de la publication:
Thomas Schaaf, UNESCO

Rédaction et conception du projet:
Hélène Gille

Conseillers scientifiques:
Michel Le Berre, Thomas Schaaf

Conception graphique:
Mecano, Laurent Batard
assisté de M. Malpeyrat et de C. Sayous

Coordination et iconographie:
Hélène Gille

Avec la collaboration de:
Greg Thaler

Suivi administratif:
Natasha Lazic,
Rosanna Karam

Publié en 2010 par le programme
sur l'Homme et la biosphère (MAB), UNESCO
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15, France
E-mail : mab@unesco.org
www.unesco.org/mab

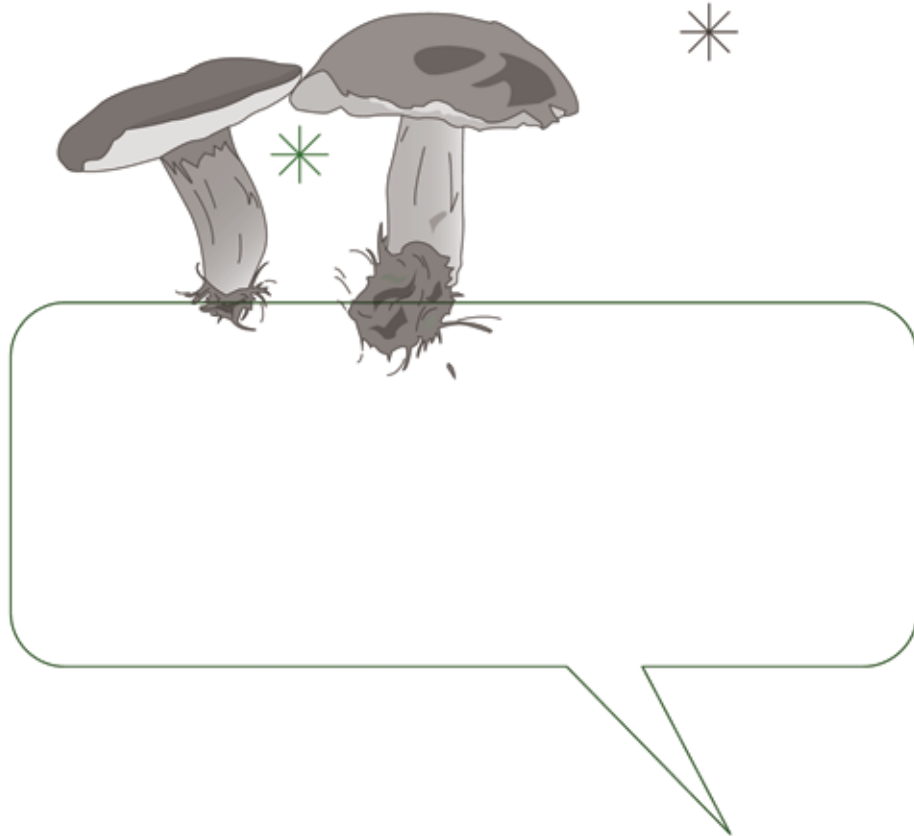
© UNESCO 2010
Tous droits réservés.

ISBN 978-92-3-104159-4





à vous de jouer...



Racontez l'activité





Pourquoi le cahier de la classe ?

Vous venez de réaliser une des activités du kit, alors... à vos crayons !
Voici un cahier qui vous est destiné en accompagnement du manuel de votre professeur.

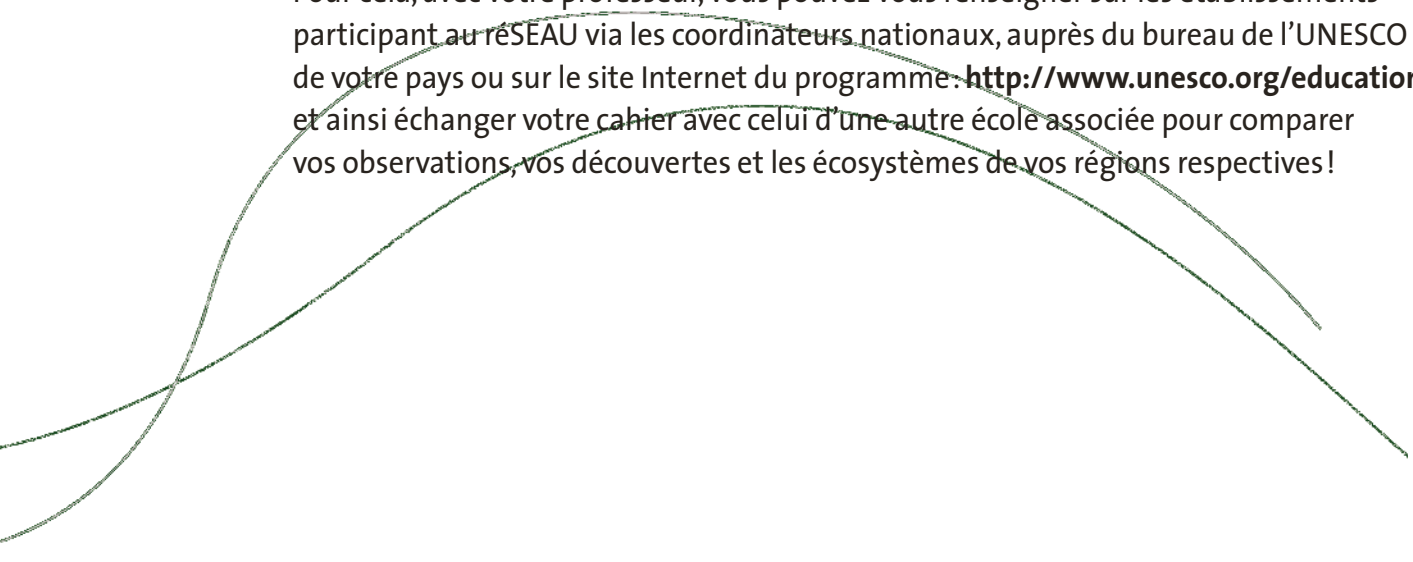
Vous trouverez dans le cahier la double page qui correspond à l'activité que vous venez de réaliser. C'est à vous de la remplir...
Avec l'aide du professeur, constituez des groupes et à tour de rôle, au fil de la réalisation des activités, un des groupes peut remplir la double page correspondante.

Souvenez-vous de l'exercice mené, remettez-vous dans l'ambiance...
Selon quel enchaînement s'est déroulée l'activité ? Quels étaient les objectifs ?
Quelles images, quelle scène gardez-vous en mémoire ?
Avez-vous particulièrement aimé une étape de l'activité ?
Décrivez... en utilisant votre propre vocabulaire et les termes précis que vous avez appris.
Répondez aux questions, n'oubliez pas de dessiner, ni de colorier.

Quel est l'objet, l'élément, le détail qui, tous ensemble, vous a le plus frappés lors de la réalisation de l'activité ? Comment le représenter ?
Exercez-vous et faites-en un croquis, l'important est d'en garder une trace.

Si toutefois vous manquez de place, vous pouvez utiliser les dernières pages du cahier de la classe réservées aux notes et aux croquis supplémentaires (cf. pages 30 à 32).

Une fois le cahier rempli, vous pouvez demander à votre professeur de le photocopier et, si l'ensemble de la classe le souhaite, vous pouvez envoyer une copie du cahier à une autre école partenaire du Réseau des Ecoles associées de l'UNESCO (réSEAU).
Pour cela, avec votre professeur, vous pouvez vous renseigner sur les établissements participant au réSEAU via les coordinateurs nationaux, auprès du bureau de l'UNESCO de votre pays ou sur le site Internet du programme : <http://www.unesco.org/education/asp>,
et ainsi échanger votre cahier avec celui d'une autre école associée pour comparer vos observations, vos découvertes et les écosystèmes de vos régions respectives !



A detailed illustration of a dark beetle with a lighter, patterned back, shown from a side profile. Above the beetle are two small, oval-shaped eggs, one slightly larger than the other, both with a textured surface.

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



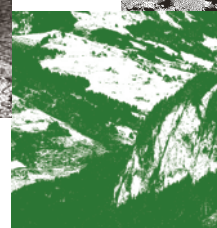
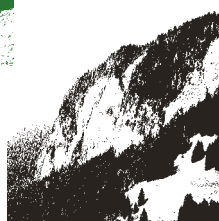
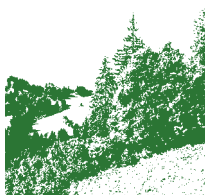
Chapitre n°1 | Activité n°2

Tapis végétal ou la montagne en mosaïque

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



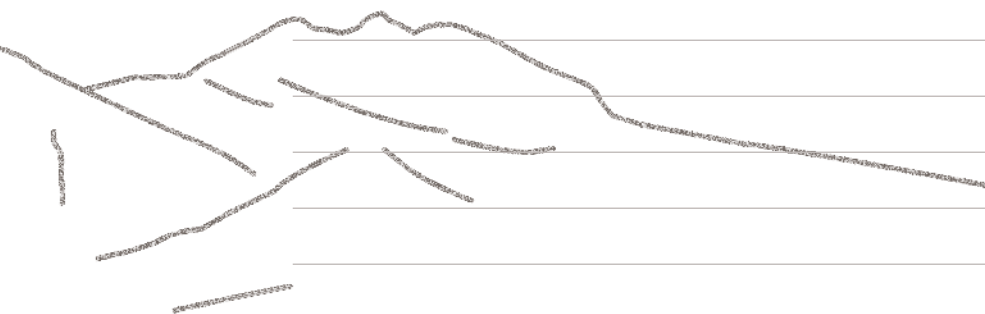
à vos crayons!

Terre, pierre et érosion

à vos crayons!

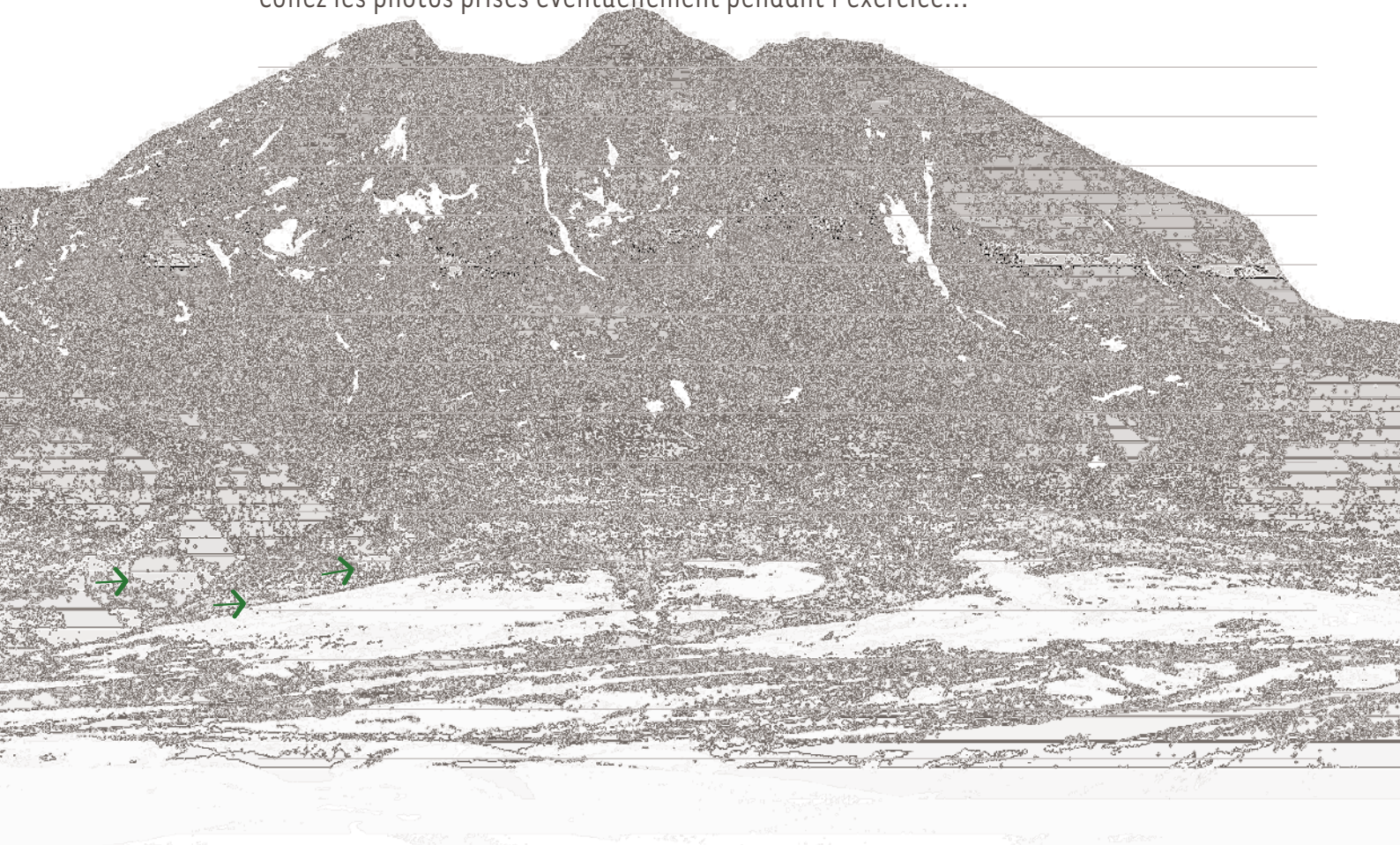


Qu'est-ce que l'érosion? Décrivez l'action de l'eau sur le relief et les versants.



Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°1 | Activité n°4

Sur les traces de la faune sauvage

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



à vos crayons!





Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Citez les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs formant une chaîne alimentaire que vous avez étudiée pour comprendre l'écosystème local. Quel rôle chacun joue-t-il dans l'écosystème? (cf. Schéma du réseau trophique p. 25 du manuel de l'enseignant)

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

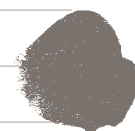
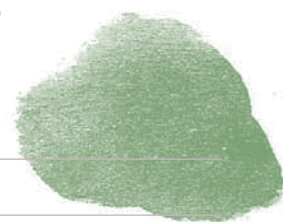


Parcours initiateur parmi les plantes et les fleurs

Parmi les plantes à fleurs qui vous entourent, pouvez-vous citer trois exemples différents d'inflorescences, les représenter et les colorier? Comment ces fleurs sont-elles pollinisées et fécondées?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Forme et dessin: l'anatomie des arbres et des arbustes



Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



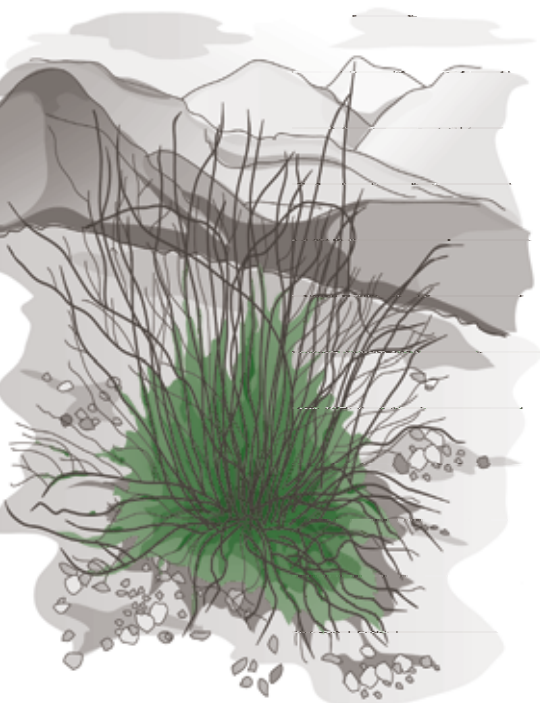
Downloaded from <http://ajph.org/> on November 10, 2015



Quelles sont les principales convergences d'évolution entre les plantes de montagne et les plantes des zones sèches (adaptations morphologiques)?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Activité n°4

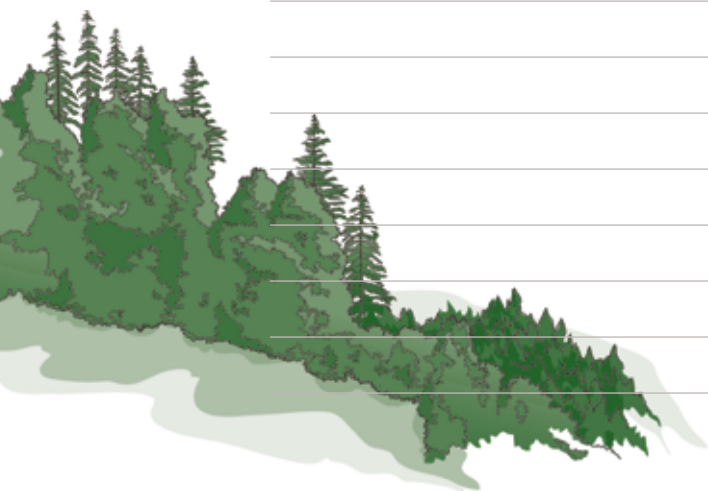
Un inventaire des plantes utiles



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

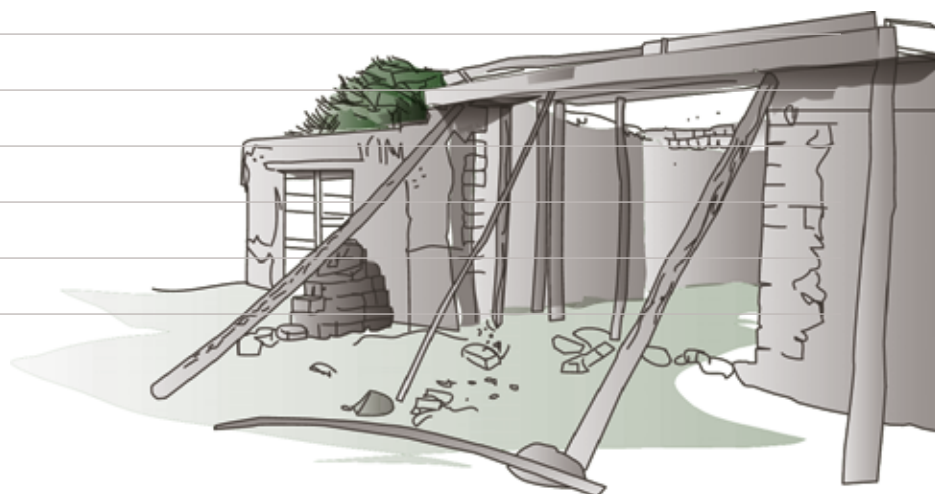
Racontez-la plus en détail:

A decorative illustration of a forest scene with green trees and a light blue sky, positioned in the bottom left corner of the page.

Avez-vous apprécié particulièrement une espèce parmi les plantes comestibles, une parmi les plantes médicinales et bienfaitrices et une parmi les végétaux utilisés dans la construction et l'aménagement des habitations? Lesquelles et pourquoi?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°2 | Activité n°5

Le jardin expérimental

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



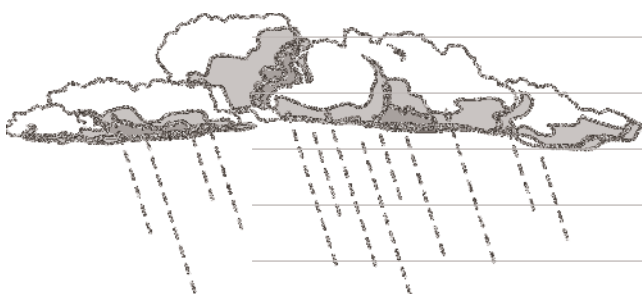
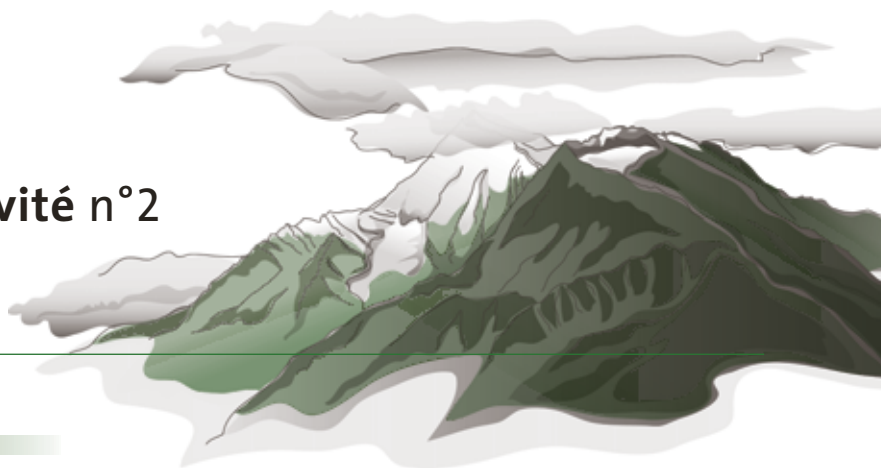
à vos crayons!

Avez-vous eu recours aux informations fournies par certaines plantes indicatrices pour apprécier les qualités du sol du jardin? Quelles conclusions tirez-vous de vos expériences pratiques de fertilisation ou d'assainissement du sol et de vos expériences de cultures associées?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité? Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...







Chapitre n°3 | Activité n°3

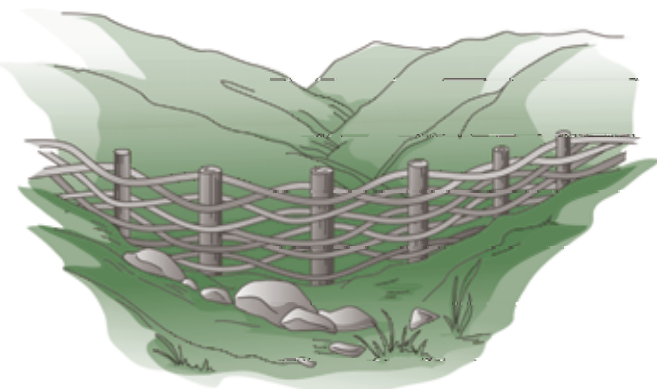
Fresque en panneaux de l'hydraulique montagnarde



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

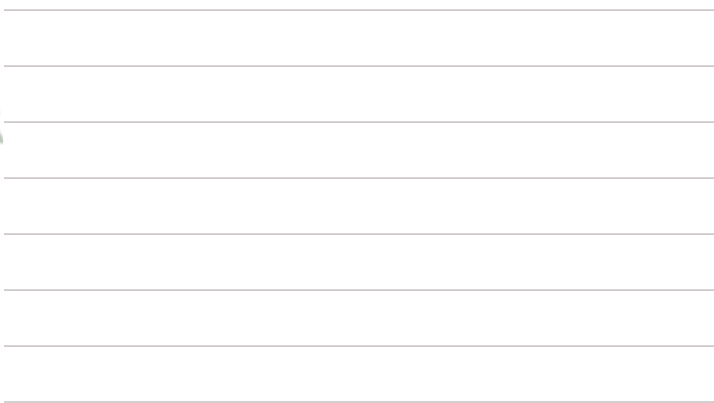
Racontez-la plus en détail:



à vos crayons!



de l'activité? Pouvez-vous le de



Notes et croquis

Notes et croquis

Notes et croquis

